

Falsifizierung der atmosphärischen CO₂ - Treibhauseffekte im Rahmen der Physik

Deutsche Übersetzung Version 4.00-de11-A4 (11. Juni 2015)
der englischen Version 4.00 (January 6, 2009)

GERHARD GERLICH

Institut für Mathematische Physik

Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

Mendelssohnstraße 3

D-38106 Braunschweig

Federal Republic of Germany

g.gerlich@tu-bs.de

RALF D. TSCHEUSCHNER

Postfach 60 27 62

D-22237 Hamburg

Federal Republic of Germany

ralfd.tscheuschner@gmail.com

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Zusammenfassung

Der atmosphärische Treibhauseffekt ist eine Idee, die viele Autoren auf die überlieferten Werke von Fourier (1824), Tyndall (1861) und Arrhenius (1896) zurückführen. Er wird in der Globalklimatologie immer noch als grundlegend angesehen und beschreibt im wesentlichen einen fiktiven Mechanismus, in dem die planetare Atmosphäre wie eine Wärmepumpe arbeitet, die von ihrer Umgebung angetrieben wird, die sich mit dem atmosphärischen System zwar in einer *Stahlungswechselwirkung*, aber gleichzeitig in einem *Strahlungsgleichgewicht* befindet. Nach dem Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik kann eine solche planetare Maschine niemals existieren. Trotzdem wird in fast allen Texten der Globalklimatologie und in einer weit verbreiteten Sekundärliteratur stillschweigend vorausgesetzt, dass ein solcher Mechanismus physikalisch möglich ist. In dieser Arbeit werden die populäre Vermutung analysiert und die physikalischen Grundlagen klargestellt.

Indem gezeigt wird,

- (a) dass die Erwärmung eines Glashauses und die fiktiven atmosphärischen Treibhauseffekte sich in keinerlei Hinsicht durch gemeinsame physikalische Gesetze auszeichnen,
- (b) dass es keine Berechnungen gibt, welche die durchschnittliche Oberflächentemperatur eines Planeten bestimmen,
- (c) dass die häufig erwähnte Differenz von 33 °C eine bedeutungslose und falsch berechnete Zahl ist,
- (d) dass die Formeln der Hohlraumstrahlung falsch angewendet werden,
- (e) dass die Annahme der Strahlungsbilanz unphysikalisch ist,
- (f) dass Wärmeleitfähigkeit und Reibung nicht gleich Null gesetzt werden dürfen,

ist der atmosphärische Treibhauseffekt falsifiziert.

Elektronische Version und deutsche Übersetzung eines Artikels, publiziert in *International Journal of Modern Physics B*, Vol. 23, No. 3 (2009) 275–364, DOI No: 10.1142/S021797920904984X, © World Scientific Publishing Company, <http://www.worldscinet.com/ijmpb>.

Preprint/Postprint URL: <http://arxiv.org/abs/0707.1161>

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
1 Einführung	7
1.1 Problemhintergrund	7
1.2 Die Treibhauseffekt-Hypothese	12
1.3 Diese Arbeit	15
2 Der Erwärmungsmechanismus in realen Treibhäusern	18
2.1 Grundlagen der klassischen Strahlungstheorie	18
2.1.1 Einführung	18
2.1.2 Die infinitesimale spezifische Intensität	18
2.1.3 Integration	20
2.1.4 Das Stefan-Boltzmann-Gesetz	22
2.1.5 Schlussfolgerung	22
2.2 Die Sonne als ein schwarzer Strahler	23
2.3 Die Strahlung an einem sehr schönen Tag	25
2.3.1 Das Phänomen	25
2.3.2 Der Sonnenschein	25
2.3.3 Die Strahlung des Bodens	27
2.3.4 Sonnenschein versus Bodenstrahlung	30
2.3.5 Schlussfolgerung	32
2.4 Experimente für den schulischen Unterricht	32
2.5 Das Experiment von Wood	36
2.6 Zusammenfassung der Physik des Glashauses	39
3 Die fiktiven atmosphärischen Treibhauseffekte	40
3.1 Definition des Problems	40
3.2 Wissenschaftlicher Irrtum versus wissenschaftlicher Betrug	40
3.3 Unterschiedliche Versionen der Vermutungen vom atmosphärischen Treibhaus	44
3.3.1 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Möller (1973)	44
3.3.2 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Meyer's Enzyklopädischem Lexikon (1974)	44
3.3.3 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Schönwiese und Diekmann (1987)	45
3.3.4 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Stichel (1995)	45
3.3.5 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Anonymous 1 (1995)	46
3.3.6 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Anonymous 2 (1995)	46
3.3.7 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Anonymous 3 (1995)	46

3.3.8	Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Deutsche Meteorologische Gesellschaft (1995)	47
3.3.9	Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Graßl (1996)	48
3.3.10	Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Ahrens (2001)	48
3.3.11	Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Dictionary of Geophysics, Astrophysics, and Astronomy (2001)	49
3.3.12	Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Encyclopaedia of Astronomy and Astrophysics (2001)	49
3.3.13	Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Encyclopaedia Britannica Online (2007)	50
3.3.14	Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Rahmstorf (2007)	50
3.3.15	Schlussfolgerung	51
3.4	Die Schlussfolgerung des US Department of Energy	51
3.5	Absorption/Emission ist nicht Reflektion	52
3.5.1	Eine unbequeme Popularisierung von Physik	52
3.5.2	Reflektion	54
3.5.3	Absorption und Emission	55
3.5.4	Re-Emission	56
3.5.5	Zwei Zugänge zum Strahlungstransport	57
3.6	Die Hypothesen von Fourier, Tyndall und Arrhenius	58
3.6.1	Die überlieferten Arbeiten	58
3.6.2	Moderne Arbeiten der Klimatologie	64
3.7	Die Annahme eines Strahlungsgleichgewichts	66
3.7.1	Einführung	66
3.7.2	Eine Bemerkung über „Strahlungsbilanz-Diagramme“	67
3.7.3	Der Fall einer idealisierten Strahlungsbilanz	68
3.7.4	Die Durchschnittstemperatur eines bestrahlten Globus	70
3.7.5	Nicht-Existenz des natürlichen Treibhauseffekts	73
3.7.6	Ein numerisches Beispiel	74
3.7.7	Die Nicht-Existenz einer globalen Temperatur	75
3.7.8	Der rotierende Globus	76
3.7.9	Der rotierende Globus mit geneigter Drehachse	78
3.7.10	Die strahlende Masse	79
3.7.11	Das umfassende Werk von Schack	80

3.8	Wärmeleitung versus Strahlungstransfer	82
3.8.1	Die Wärmeleitungsgleichung	82
3.8.2	Wärmeleitung durch und in der Nähe von Grenzflächen	84
3.8.3	In der Küche: Physik-besessene Hausfrau versus IPCC	84
3.9	Die Gesetze der Thermodynamik	85
3.9.1	Einführung	85
3.9.2	Diagramme	86
3.9.3	Ein Paradoxon	88
3.9.4	Eine mögliche Auflösung des Paradoxon	89
4	Die physikalischen Grundlagen der Klimawissenschaften	90
4.1	Einführung	90
4.2	Die Erhaltungssätze der Magnetohydrodynamik	91
4.2.1	Übersicht	91
4.2.2	Erhaltung der elektrischen Ladung	92
4.2.3	Erhaltung der Masse	92
4.2.4	Die Maxwell-Gleichungen	93
4.2.5	Das Ohmsche Gesetz für bewegte Medien	93
4.2.6	Die Gleichungen für die Impulsbilanz	93
4.2.7	Die Gleichungen für die Gesamtenergiebilanz	94
4.2.8	Der Poyntingsche Satz	94
4.2.9	Die Konsequenzen der Erhaltungssätze	94
4.2.10	Die verallgemeinerte Wärmeleitungsgleichung	95
4.2.11	Diskussion	95
4.3	Wissenschaft und die Modellierung des Globalklimas	97
4.3.1	Wissenschaft und das Demarkationsproblem	97
4.3.2	Bewertung der Klimatologie und der Klimamodellierung	100
4.3.3	Schlussfolgerung	102
5	Resümee des Physikers	103
5.1	Die wesentlichen Punkte	103
5.2	Zusammenfassung	106
6	Zu dieser deutschen Übersetzung	107
7	Dankeswort	108
8	In stillem Gedenken	110

Abbildungsverzeichnis	111
Tabellenverzeichnis	114
Literatur	115

1 Einführung

1.1 Problemhintergrund

In jüngster Zeit gab es eine große Menge von Diskussionen, die sich auf die ökonomischen und politischen Folgen der Veränderlichkeit des Klimas bezogen, insbesondere auf die Möglichkeit einer globalen Erwärmung als messbaren Effekt eines anthropogenen - das heißt vom Menschen verursachten - Klimawandels [1–13]. Eine ganze Reihe von Autoren nehmen an, dass die durch den Verbrauch von fossilen Brennstoffen verursachten Kohlendioxid-Emissionen eine ernsthafte Gefahr für die Gesundheit unseres Planeten darstellen. Diese Emissionen nämlich sollen die Klimata der Erde beeinflussen, insbesondere die Durchschnittstemperaturen der Oberfläche und der unteren Atmosphäre der Erde. Allerdings ist Kohlendioxid ein seltenes Spurengas, welches nur einen sehr kleinen Bestandteil der Erdatmosphäre darstellt. Die Konzentrationen liegen bei etwa 0,03 Vol % (vgl. Tabellen 1 und 2, siehe auch Ref. [16]).¹

Datum	CO ₂ -Konzentration [ppmv]	Quelle
March 1958	315.56	Ref. [14]
March 1967	322.88	Ref. [14]
March 1977	334.53	Ref. [14]
March 1987	349.24	Ref. [14]
March 1996	363.99	Ref. [14]
March 2007	377.3	Ref. [15]

Tabelle 1: Atmosphärische Konzentration von Kohlendioxid in Volumenanteilen pro Million (1958 - 2007).

Ein Physiker beginnt die Analyse des vorliegenden Problems, indem er seine Aufmerksamkeit auf zwei fundamentale thermodynamische Eigenschaften richtet, nämlich auf

- die *Wärmeleitfähigkeit* λ , eine Eigenschaft, die festlegt, wieviel Wärme pro Zeiteinheit

¹In einer kürzlich erschienenen Arbeit „180 Years accurate CO₂ Gas analysis of Air by Chemical Methods“ [„180 Jahre genaue CO₂ Gasanalyse der Luft vermittelt chemischer Methoden“] legt der deutsche Biologe Ernst-Georg Beck Argumente vor, mit denen der Bezug des Weltklimarats IPCC auf Eisbohrkern-Daten für CO₂ fehlerhaft ist [17,18]. Obwohl diese Arbeit selbst sehr interessant ist, da sie deutlich macht, dass selbst die empirisch gewonnenen Werte der CO₂-Konzentration der Gegenstand einer Diskussion sind, beeinflusst sie nicht die Argumentation der vorliegenden Arbeit, in der gezeigt wird, dass die Konzentration von CO₂ *absolut keine Rolle spielt*.

Gas	Formel	U.S. Standard 1976 Ref. [14] [Vol %]	Hardy <i>et al.</i> 2005 Ref. [8] [Vol %]	Arbeits- Hypothese [Vol %]
Nitrogen	N ₂	78.084	78.09	78.09
Oxygen	O ₂	20.9476	20.95	20.94
Argon	Ar	0.934	0.93	0.93
Carbon dioxide	CO ₂	0.0314	0.03	0.04

Tabelle 2: Drei Versionen einer idealisierten Erdatmosphäre und ihre Gas-Volumen-Konzentrationen einschließlich der für diese Arbeit gewählten Arbeitshypothese.

und Temperaturdifferenz in einem Medium fließt;

- die *Temperaturleitfähigkeit* a_v , eine Eigenschaft, die festlegt, wie schnell eine Temperaturänderung sich ausbreitet, ausgedrückt in Einheiten einer Fläche pro Zeiteinheit.

Beide Größen, λ und a_v , werden in Beziehung gesetzt durch die Formel

$$a_v = \frac{\lambda}{\varrho c_v} \quad (1)$$

wobei ϱ die spezifische Masse und c_v die isochore spezifische Wärme bezeichnen. a_v ist die Proportionalitätskonstante der Wärmeleitungsgleichung

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a_v \cdot \Delta T \quad (2)$$

mit T als Temperatur.

Um nun die relevanten Daten der Gasbestandteile der Luft zu berücksichtigen, muss man deren Massenkonzentrationen als Gewichte verwenden. Somit erhalten wir die Eigenschaften des Gemisches „Luft“ - entsprechend der Gibbsschen Thermodynamik [19, 20].² Daten für die Volumen-Konzentrationen (Tabelle 2) können in Daten für die Massen-Konzentrationen umgewandelt werden mit Hilfe bekannter spezifischer Massen (Tabelle 3).

Ein Vergleich der Volumen-Prozente und Massen-Prozente für CO₂ zeigt, dass die gegenwärtige Massen-Konzentration, welche die physikalisch relevante Konzentration ist, bei etwa 0.06 % und nicht bei den oft zitierten 0.03 % liegt (Tabelle 4).

²Die Wärmeleitfähigkeit eines Gas-Gemisches verändert sich im allgemeinen nicht-linear mit der Zusammensetzung der Gase. Für vergleichbare Molekulargewichte und kleine Konzentrationen ist die Nicht-Linearität allerdings vernachlässigbar [21].

Gas	Formel	Massendichte ρ [kg/m ³]	Quelle
Nitrogen	N ₂	1.1449	Ref. [14]
Oxygen	O ₂	1.3080	Ref. [14]
Argon	Ar	1.6328	Ref. [14]
Carbon Dioxide	CO ₂	1.7989	Ref. [14]

Tabelle 3: Massendichten von Gasen bei atmosphärischem Normaldruck (101.325 kPa) und Standardtemperatur (298 K).

Gas	Formel	x_v [Vol %]	ρ (298 K) [kg/m ³]	x_m [Mass %]
Nitrogen	N ₂	78.09	1.1449	75.52
Oxygen	O ₂	20.94	1.3080	23.14
Argon	Ar	0.93	1.6328	1.28
Carbon dioxide	CO ₂	0.04	1.7989	0.06

Tabelle 4: Volumenprozent versus Massenprozent: Die Volumenkonzentrationen x_v und die Massenkonzentrationen x_m der gasförmigen Bestandteile einer idealisierten Erdatmosphäre.

Aus den bekannten Wärmeleitfähigkeiten (Tabelle 5), Wärmekapazitäten bei konstantem Volumen und spezifischen Massen sind die Temperaturleitfähigkeiten bei konstantem Volumen für die Komponenten der Luft bestimmt (Tabelle 6). Mit dieser Information kann die effektive Wärmeleitfähigkeit der Luft in Abhängigkeit von einer Verdopplung der CO₂-Konzentration abgeschätzt werden, die angeblich binnen der nächsten 300 Jahre stattfinden könnte (Tabelle 7).

Es ist offensichtlich, dass die Verdopplung der Konzentration des Spurengases CO₂, dessen Wärmeleitfähigkeit etwa halb so groß wie die von Stickstoff und Sauerstoff sind, die Wärmeleitfähigkeit der Luft bestenfalls um 0,03 % und die Temperaturleitfähigkeit der Luft bestenfalls um 0,07 % erhöht. Diese Werte liegen im Bereich der Ungenauigkeit der Messungen und anderer Unsicherheiten wie Rundungsfehler und haben daher überhaupt keine Signifikanz.

Gas	Formel	$\lambda(200\text{ K})$ [W/mK] Ref. [14]	$\lambda(298\text{ K})$ [W/mK] (interpolated)	$\lambda(300\text{ K})$ [W/mK] Ref. [14]	$\lambda(400\text{ K})$ [W/mK] Ref. [14]
Nitrogen	N ₂	0.0187	0.0259	0.0260	0.0323
Oxygen	O ₂	0.0184	0.0262	0.0263	0.0337
Argon	Ar	0.0124	0.0178	0.0179	0.0226
Carbon dioxide	CO ₂	0.0096	0.0167	0.0168	0.0251

Tabelle 5: Wärmeleitfähigkeiten für die gasförmigen Bestandteile der Erdatmosphäre bei Normaldruck (101.325 kPa).

Gas	c_p [J/kg K]	M_r [g/mol]	R/M_r [J/kg K]	c_v [J/kg K]	ϱ [kg/m ³]	λ [W/mK]	a_v [m ² /s]
N ₂	1039	28.01	297	742	1.1449	0.0259	$3.038 \cdot 10^{-5}$
O ₂	919	32.00	260	659	1.3080	0.0262	$3.040 \cdot 10^{-5}$
Ar	521	39.95	208	304	1.6328	0.0178	$3.586 \cdot 10^{-5}$
CO ₂	843	44.01	189	654	1.7989	0.0167	$1.427 \cdot 10^{-5}$

Tabelle 6: Isobare Wärmekapazitäten c_p , relative molare Massen M_r , isochore Wärmekapazitäten $c_v \approx c_p - R/M_r$ mit universeller Gas-Konstante $R = 8.314472\text{ J/mol K}$, Massendichten ϱ , Wärmeleitfähigkeiten λ , und isochore Temperaturleitfähigkeiten a_v der gasförmigen Bestandteile der Erdatmosphäre bei Normaldruck (101.325 kPa).

Gas	x_m [Mass %]	M_r [g/mol]	c_p [J/kg K]	c_v [J/kg K]	ϱ [kg/m ³]	λ [W/mK]	a_v [m ² /s]
N ₂	75.52	28.01	1039	742	1.1449	0.0259	$3.038 \cdot 10^{-5}$
O ₂	23.14	32.00	929	659	1.3080	0.0262	$3.040 \cdot 10^{-5}$
Ar	1.28	39.95	512	304	1.6328	0.0178	$3.586 \cdot 10^{-5}$
CO ₂	0.06	44.01	843	654	1.7989	0.0167	$1.427 \cdot 10^{-5}$
Air	100.00	29.10	1005	719	1.1923	0.02586	$3.0166 \cdot 10^{-5}$

Gas	x_m [Mass %]	M_r [g/mol]	c_p [J/kg K]	c_v [J/kg K]	ϱ [kg/m ³]	λ [W/mK]	a_v [m ² /s]
N ₂	75.52	28.01	1039	742	1.1449	0.0259	$3.038 \cdot 10^{-5}$
O ₂	23.08	32.00	929	659	1.3080	0.0262	$3.040 \cdot 10^{-5}$
Ar	1.28	39.95	512	304	1.6328	0.0178	$3.586 \cdot 10^{-5}$
CO ₂	0.12	44.01	843	654	1.7989	0.0167	$1.427 \cdot 10^{-5}$
Air	100.00	29.10	1005	719	1.1926	0.02585	$3.0146 \cdot 10^{-5}$

Tabelle 7: Die Berechnung der isochoren Temperaturleitfähigkeit $a_v = \lambda/(\varrho c_v)$ der Luft und deren gasförmigen Bestandteile für die gegenwärtige CO₂-Konzentration (0.06 Mass %) und für die **fiktiv verdoppelte** CO₂-Konzentration (0.12 Mass %) bei Normaldruck (101.325 kPa).

1.2 Die Treibhauseffekt-Hypothese

Unter Klimatologen, insbesondere unter denjenigen, die für den Weltklimarat (Intergovernmental Panel of Climate Change IPCC) arbeiten³, scheint ein „wissenschaftlich Konsensus“ zu bestehen [22], dass der relevante Mechanismus der atmosphärische Treibhauseffekt ist, ein Mechanismus, der wesentlich auf der Annahme beruht, dass der Wärmeübergang durch Strahlung deutlich über die anderen Kategorien von Wärmeübergängen dominiert, wie zum Beispiel die Wärmeleitung, die Konvektion, die Kondensation, *et cetera* [23–30].

In allen vergangenen Berichten des Weltklimarats IPCC und vergleichbaren wissenschaftlichen Zusammenfassungen wird der folgende Punkt hervorgehoben, vgl. Ref. [24], Seite 5:

„Einer der bedeutendsten Faktoren ist der **Treibhauseffekt**. Eine vereinfachte Erklärung ist die folgende:

- Kurzwellige Sonnenstrahlung einerseits kann die Atmosphäre relativ ungehindert durchdringen.
- Langwellige terrestrische Strahlung andererseits - von der warmen Erdoberfläche ausgesandt -, wird teilweise absorbiert und von der kälteren Atmosphäre oben wieder ausgesandt.
- Da - im Mittel - die ausgehende langwellige Strahlung der einkommenden [kurzwelligen] Sonnenstrahlung die Waage hält, muss sowohl die Atmosphäre als auch die Erdoberfläche wärmer sein als ohne Treibhausgase ...

Der Treibhauseffekt ist real; er ist ein wohl-verstandener Effekt, basierend auf etablierten wissenschaftlichen Prinzipien.“

Um die Dinge - vermutlich - noch klarer zu machen, führte der Weltklimarat IPCC den Begriff der *Strahlungserzwingung* (engl.: *radiative forcing*) ein und setzte ihn mit der Annahme eines *Strahlungsgleichgewichts* in Beziehung. In Ref. [27], pp. 7-6, findet man die Aussage:

„Eine *Änderung* der durchschnittlichen Nettostrahlung am oberen Rand der Troposphäre (bekannt als Tropopause) wird - im Hinblick auf eine Änderung entweder der Sonnenstrahlung oder der [terrestrischen] Infrarotstrahlung - für die Zwecke dieses Berichts als *Strahlungserzwingung* bezeichnet. Strahlungserzwingung stört die Balance zwischen eingehender und ausgehender Strahlung. Über die Zeit antwortet das Klima auf diese Störung und versucht die Balance wiederherzustellen. Eine positive Strahlungserzwingung tendiert dazu, die Oberfläche zu wärmen, eine negative Strahlungserzwingung tendiert dazu, die Oberfläche zu

³Das IPCC wurde 1988 gemeinsam von der World Meteorological Organization (WMO) und dem United Nations Environmental Programme (UNEP) geschaffen.

kühlen. In der vorliegenden Definition kann die einkommende Sonnenstrahlung [selbst] nicht als Strahlungserzwingung bezeichnet werden, sondern vielmehr die Änderung der einkommenden Sonnenstrahlung ... Der Anstieg der Konzentration des atmosphärischen CO₂ zum Beispiel führt zu einer Reduktion der ausgehenden Infrarotstrahlung und damit zu einer positiven Strahlungserzwingung.“

Ein allgemeiner „wissenschaftlicher Konsens“ jedoch steht in keiner Weise in einer Beziehung zu einer wissenschaftlichen Wahrheit, wie unzählige historische Beispiele belegen. „Konsens“ ist ein politischer Begriff und kein wissenschaftlicher!

So hat aus der Sicht des theoretischen Physikers der strahlungstheoretische Zugang, der sich auf das Plancksche Strahlungsgesetz oder die Stefan-Boltzmann-Formel bezieht, nur einen sehr beschränkten Gültigkeitsbereich, der das atmosphärische Problem bei weitem nicht abdeckt. Er ist daher mehr als fragwürdig [31–35].

Ein Beispiel: In vielen ihrer Untersuchungen führen Klimatologen Berechnungen durch, in denen idealisierte schwarze Oberflächen, die zum Beispiel eine CO₂-Schicht und die Erdoberfläche darstellen sollen, sich gegenseitig anstrahlen. In Wirklichkeit muss aber das räumlich ausgedehnte Problem behandelt werden, in dem man bei CO₂-Konzentrationen unter Normalbedingungen immer noch

$$\begin{aligned}
 N &\approx 3 \cdot 10^{-4} \cdot V \cdot N_L \\
 &\approx 3 \cdot 10^{-4} \cdot (10 \cdot 10^{-6})^3 \cdot 2.687 \cdot 10^{25} \\
 &= 3 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-15} \cdot 2.687 \cdot 10^{25} \\
 &\approx 8 \cdot 10^6
 \end{aligned} \tag{3}$$

CO₂-Moleküle in einem Würfel V mit Kantenlänge $10 \mu m$ hat, die typische Wellenlänge der relevanten Infrarot-Strahlung.⁴ In diesem Zusammenhang ist die Anwendung der Formeln der Hohlraumstrahlung der bare Unsinn.

Es kann gar nicht genügend betont werden, dass eine mikroskopische Theorie, welche die Grundlage für die Bestimmung der makroskopischen Größen wie die thermodynamischen und elektromagnetischen Transportkoeffizienten darstellt, eine hoch entwickelte Vielkörpertheorie sein muss. Zwar ist der Wärmetransport letztlich auf die interatomaren Wechselwirkungen zurückzuführen, die durch das elektromagnetische Feld vermittelt werden. Aber es ist irreführend, sich ein Photon als ein Teilchen oder Wellenpaket vorzustellen, welches von dem einen zum anderen Molekül fliegt. Die Dinge sind schon etwas komplexer und können nicht einmal verstanden werden im Rahmen des klassischen Teilchen-Welle-Dualismus oder etwa im Feynman-Graphen-Bild.

Andererseits enthalten die makroskopischen thermodynamischen Größen eine große Menge an Information über ein physikalisches System. Sie können direkt und genau im Labor ge-

⁴ N_L wird durch die bekannte Loschmidt-Zahl bestimmt [36].

messen werden. Interessanterweise ist die Wärmeleitfähigkeit von CO_2 nur etwa halb so groß wie die von Stickstoff und Sauerstoff. In einer Atmosphäre bestehend aus 100 Prozent CO_2 leuchtet eine konventionelle Glühlampe heller, da die Wärmeleitfähigkeit ihrer Umgebung reduziert ist.⁵ Dies hat aber nichts mit dem vermuteten CO_2 -Treibhauseffekt zu tun, der sich auf Spurengas-Konzentrationen bezieht. Die Global-Klimatologen behaupten, dass der natürliche Treibhauseffekt die Erde um 33°C wärmer hält, als sie es ohne die Anwesenheit dieser Spurengase wäre. Etwa 80 Prozent dieser Erwärmung wird dem Wasserdampf zugerechnet, etwa 20 Prozent den 0.03 Volumen-Prozenten CO_2 . Wenn es tatsächlich einen solch extremen Effekt gäbe, so müsste er doch in einem Laborexperiment sichtbar gemacht werden können, und zwar als Anomalie in der Wärmeleitung für hoch konzentriertes CO_2 . Dieser Effekt würde sich als eine neue Art eines „Supra-Isolators“ manifestieren, der die gewöhnliche Wärmeleitungsgleichung verletzt. Für CO_2 hat man einen solchen anomalen Wärmetransport allerdings niemals beobachten können.

Deshalb werden in dieser Arbeit die populären Treibhaus-Ideen, die wesentlich zur Unterhaltung im weltweiten Club der Globalklimatologen beigetragen haben, noch einmal neu betrachtet, jetzt aber im strengen Rahmen der Theoretischen Physik und der Experimentalphysik.

Viele Autoren beziehen diese Ideen auf die Arbeiten von Fourier [37, 38] (1824), Tyndall [39–43] (1861) und Arrhenius [44–46] (1896). Eine vorsichtige Analyse der historischen Arbeiten offenbart, dass die Arbeiten von Fourier und Tyndall *nicht wirklich* das Konzept des atmosphärischen Treibhauseffekts behandeln, während das Werk von Arrhenius sich fundamental von heutigen Arbeiten *unterscheidet*. Mit der Ausnahme von Ref. [46] erschienen diese historischen Arbeiten früher als die epochalen Werke der modernen Physik, wie zum Beispiel Plancks Arbeiten über die Strahlung des schwarzen Körpers [33, 34]. Obwohl Arrhenius' Argumente schon von seinen Zeitgenossen widerlegt worden waren, wurden sie von Callendar [47–53] und Keeling [54–60] wiederaufgegriffen, die beide als die Begründer der modernen Treibhauseffekt-Hypothese betrachtet werden können.⁶

Interessanterweise ist diese Hypothese so vage geblieben wie seit eh und je. Selbst Keeling stellte 1978 fest [57]:

„Über die Idee, dass aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe emittiertes CO_2 sich in der Atmosphäre ansammeln und eine Erwärmung der unteren Atmosphäre bewirken könnte, wurde schon seit Ende der 19. Jahrhunderts spekuliert (Arrhenius, 1903). Zu dieser Zeit war der Gebrauch von fossilem Brennstoff zu geringfügig,

⁵Ähnliches gilt übrigens für Argon, das kein sogenanntes Treibhausgas ist

⁶Erst vor kurzem bewertete von Storch den Skeptizismus gegen die menschengemachte globale Erwärmung, indem er die ganze Diskussion als „eine Diskussion von gestern und vorgestern“ charakterisierte [1]. Ironischerweise waren es Callendar und Keeling, die eine „eine Diskussion von gestern und vorgestern“ reaktivierten, die auf *bereits falsifizierten* Argumenten beruhte (s.u.).

um einen Anstieg der atmosphärischen CO₂-Konzentration zu erwarten. Diese Idee wurde zwar überzeugend dargestellt von Callendar (1938, 1940), aber immer noch ohne gesicherte Evidenz für den Anstieg der CO₂-Konzentration.“

Der Einfluss von CO₂ auf das Klima wurde auch eingehend diskutiert in einer Zahl von Arbeiten, die zwischen 1909 und 1980 hauptsächlich in Deutschland erschienen [61–88]. Die einflussreichsten Autoren waren Möller [69, 80–86], der auch ein Lehrbuch über Meteorologie schrieb [89, 90] und Manabe [73–77, 85]. Es scheint, dass das gemeinsame Werk von Möller und Manabe [85] einen wesentlichen Einfluss auf die Formulierung der aktuellen Vermutungen und Hypothesen vom atmosphärischen CO₂-Treibhauseffekt haben.

In einem sehr umfassenden Report des US Department of Energy (DOE), der 1985 erschien [91], wurde die Hypothese vom atmosphärischen Treibhauseffekt in seine endgültige Form gebracht. Dieser Meilenstein wurde dann der Ausgangspunkt für alle nachfolgenden Publikationen des Weltklimarats IPCC [23–30].

Aber selbst wenn die übervereinfachten Bilder, die im Umfeld der vom Weltklimarat IPCC geförderten Global-Klimatologie kursieren, physikalisch falsch sein sollten, könnte es natürlich sein, dass eine sorgfältige und physikalisch saubere Analyse einen nicht vernachlässigbaren Einfluss gewisser Strahlungsmechanismen (zusätzlich zur direkten Wirkung des Sonnenlichts) auf das Wetter und somit auf die Klimata aufdeckt. Diesen könnte man dann „CO₂-Treibhauseffekt“ nennen.

Dann blieben drei Fragen übrig, selbst wenn dieser Effekt nur als Anstoß für eine Kette von Prozessen in der Atmosphäre dienen sollte:

1. Gibt es einen fundamentalen CO₂-Treibhauseffekt in der Physik?
2. Wenn dies der Fall ist, welche grundlegenden physikalischen Prinzipien stehen dann hinter diesem CO₂-Treibhauseffekt?
3. Ist es physikalisch richtig, den Wärmeübergang durch Strahlung als den grundlegenden Mechanismus zu betrachten, der das Wetter steuert, und können gleichzeitig die Wärmeleitfähigkeit und die Reibung gleich Null gesetzt werden?

Das angestrebte Ziel dieser Arbeit besteht darin, eine endgültige *negative* Antwort auf diese Fragen zu geben, und sie damit auf rhetorische Fragen zu reduzieren.

1.3 Diese Arbeit

In der Sprache der Physik ist *ein Effekt* ein nicht notwendigerweise offensichtliches, aber reproduzierbares *und* messbares Phänomen *zusammen mit* seiner physikalischen Erklärung. *Weder* der Erwärmungsmechanismus in einem Glashauss *noch* der vermutete menschen-gemachte

Erwärmungsmechanismus in der Erdatmosphäre sind die Konsequenz eines Effekts im Sinne der obigen Definition:

- Im ersten Fall, dem Gärtner-Treibhaus, hat man es mit einem *trivialen Phänomen* zu tun.
- Im zweiten Fall, der Erdatmosphäre, gibt es *nichts*, was man messen könnte, sondern man beschränkt sich auf heuristische Rechnungen.

An der Universität ist die Erklärung des Erwärmungsmechanismus in einem echten Treibhaus eine Übungsaufgabe in den Kursen der ersten Semester, in denen Optik, Kernphysik und klassische Strahlungstheorie behandelt werden. Auf diesem Niveau sind weder die mathematische Formulierung des Ersten und Zweiten Hauptsatzes, noch die irreversible Thermodynamik bekannt. So wird das Phänomen mit vergleichsweise einfachen Mitteln behandelt.

Wenn man jedoch unter Verwendung der Suchbegriffe „Glashaus-Effekt“, „Treibhauseffekt“, usw. in den klassischen Lehrbüchern der Experimentalphysik oder Theoretischen Physik nachschlägt, so stellt man - möglicherweise zu seiner Überraschung und Enttäuschung - fest, dass dieser Effekt nirgendwo beschrieben wird, mit wenigen Ausnahmen, wo in aktualisierten Auflagen plötzlich Werke aus der Klimatologie zitiert werden. Ein bekanntes Beispiel ist die 1990er-Ausgabe des Lehrbuchs von Kittel über „Thermal Physics“, dem auf Seite 115 ein einschlägiges „Supplementum“ zugefügt wurde [92] :

„Der Treibhauseffekt beschreibt die Erwärmung der Erdoberfläche, die durch eine infrarot-absorbierende Schicht in der Erdatmosphäre hervorgerufen wird. Diese zwischen Erde und Sonne liegende Schicht besteht aus Wasser, und zwar in der Form von Wasserdampf und Wolken, und aus Kohlendioxid. Der Beitrag des Wassers zum Erwärmungseffekt mag bei 90 Prozent liegen.“

Kittels „Supplementum“ bezieht sich auf die 1980 und 1992 erschienenen Bücher von J.T. Houghton *et al.* über den Klimawandel („Climate Change“), die nichts anderes sind als die Berichte des Weltklimarats IPCC [23, 25]. Im allgemeinen beziehen sich die meisten klimatologischen Texte nicht auf irgendein grundlegendes Werk der Thermodynamik oder Strahlungstheorie. In einzelnen Fällen wird das klassische astrophysikalische Buch von Chandrasekhar [93] zitiert, aber es ist überhaupt nicht klar, welche Resultate wo angewandt werden, und wie die Schlussfolgerungen eines Chandrasekhar über die Physik der heißen Sternatmosphären in den Rahmen des infraroten Strahlungstransports in den kalten planetaren Atmosphären passen soll.

Offensichtlich gibt es keine Quelle, in der ein atmosphärischer Treibhauseffekt allein aus den Prinzipien der an der Universität gelehrteten Physik hergeleitet ist.

Selbstverständlich ist das Problem des atmosphärischen Treibhauseffekts kein grundlegendes Problem der Wissenschaftstheorie, das am besten durch das Münchhausen-Trilemma charakterisiert ist⁷, welches besagt, dass man sich stets begnügen muss mit der ternären Alternative⁸

unendliche Regression - Dogma - Zirkelschluss

Der atmosphärische Treibhauseffekt ist vielmehr eine Vermutung, die eigentlich schon im Rahmen der Ingenieurthermodynamik bestätigt oder widerlegt werden kann [95–97]. Genau dieses wurde von Alfred Schack getan, der ein klassisches Lehrbuch über dieses Thema schrieb [95]. Bereits 1972 zeigte er, dass der Anteil der Strahlung am Wärmeübergang von CO₂ bei atmosphärischen Temperaturen vernachlässigt werden kann, obwohl sie bei den in Brennkammern vorherrschenden Temperaturen eine wesentliche Rolle spielt. [98].

Der Rest der Arbeit ist wie folgt aufgebaut:

- In Kapitel 2 wird der Mechanismus der Erwärmung in echten Treibhäusern diskutiert, der streng von der von Arrhenius aufgestellten kontroversen Vermutung zu unterscheiden ist.
- Kapitel 3 widmet sich der Frage, ob ein atmosphärischer Treibhauseffekt möglich ist. Es wird dargelegt, dass dieser Effekt weder eine experimentelle noch eine theoretische Basis hat und daher als *frei erfunden* betrachtet werden muss. Die Behauptung, dass die Emissionen des Spurengases CO₂ einen menschengemachten Klimawandel auslösen könnten, hat keine physikalische Grundlage.
- In Kapitel 4 werden Theoretische Physik und Klimatologie im Kontext der Wissenschaftstheorie einander gegenüber gestellt. Es wird die Frage aufgeworfen, inwieweit globale Computer-Klimatologie in den Rahmen der exakten Naturwissenschaften - sprich Physik - passt.
- Das abschließende Kapitel 5 ist das Resümee des Physikers.

⁷Der Begriff wurde von dem kritischen Rationalisten Hans Albert geprägt, siehe zum Beispiel Ref. [94]. Für die gegenwärtige Diskussion der globalen Erwärmung könnte das Werk von Hans Albert sehr interessant sein. Nach Albert können sich neue Einsichten nicht leicht verbreiten, da es häufig ein ideologisches Hindernis gibt, für das Albert den Begriff *Immunität gegen Kritik* geprägt hat.

⁸Eine *Alternative* ist - gemäß der ursprünglichen Bedeutung des Wortes - die Wahl zwischen zwei Möglichkeiten, nicht etwa eine der Möglichkeiten selbst. Eine ternäre Alternative verallgemeinert die gewöhnliche (binäre) Alternative zu einer dreifachen Wahl.

2 Der Erwärmungsmechanismus in realen Treibhäusern

2.1 Grundlagen der klassischen Strahlungstheorie

2.1.1 Einführung

Seit Jahren wird der Erwärmungsmechanismus in realen Treibhäusern - umschrieben als „Treibhauseffekt“ - missbraucht, um den vermuteten atmosphärischen Erwärmungseffekt zu erklären. In Schulbüchern, in populär-wissenschaftlichen Debatten und selbst in wissenschaftlichen Debatten auf hohem Niveau wird behauptet, das der Mechanismus, den man in einem Glashauss beobachten kann, einige gewisse Ähnlichkeit zur menschengemachten globalen Erwärmung aufweise. Inzwischen geben aber selbst Mainstream-Klimatologen zu, dass der Erwärmungsmechanismus im echten Glashauss streng zu unterscheiden ist vom behaupteten atmosphärischen CO₂ Treibhauseffekt.

Dennoch sollten wir einen Blick auf das klassische Glashauss-Problem werfen, um einige grundlegende Prinzipien der Thermodynamik und Strahlungstheorie zu studieren. Danach werden wir die relevante Strahlungsdynamik behandeln und den Unterschied zum Glashauss-Aufbau herausarbeiten.

Wärme ist die kinetische Energie (Bewegungsenergie) von Molekülen und Atomen und wird übertragen durch Kontakt und Strahlung. Im ersten Fall, der durch die Coulomb-Wechselwirkung bzw. die van der Waals-Wechselwirkung beherrscht wird, sind dies die virtuellen (sog. *off-shell*) Photonen, im zweiten Fall sind dies die reellen (sog. *on-shell*) Photonen. Die Wechselwirkung von Photonen und Elektronen (und anderen Teilchen, die elektrisch geladen sind oder ein nicht-verschwindendes magnetisches Moment haben) wird mikroskopisch beschrieben durch die Gesetze der Quantentheorie. Im Prinzip könnten die thermische Leitfähigkeit und die Strahlungsübertragung in einem vereinheitlichten Rahmen beschrieben werden. Das Vielkörperproblem für das Nichtgleichgewicht ist aber hochgradig nicht-trivial und Gegenstand der Disziplin der physikalischen Kinetik, die Quantentheorie und Statistische Mechanik für das Nichtgleichgewicht vereinigt.

Glücklicherweise führt aber schon eine Analyse unter Anwendung der Methoden und Resultate der klassischen Strahlungstheorie zu interessanten Resultaten.

2.1.2 Die infinitesimale spezifische Intensität

In der klassischen Strahlungstheorie [93] ist die Grundgröße die *spezifische Intensität* I_ν . Sie ist definiert als der *Betrag der Strahlungsenergie* dE_ν in einem spezifizierten Frequenzintervall $[\nu, \nu + d\nu]$, der transportiert wird durch eine Fläche $d\mathbf{F}_1$ in Richtung einer weiteren Fläche $d\mathbf{F}_2$ während der Zeit dt :

$$dE_\nu = I_\nu d\nu dt \frac{(\mathbf{r} d\mathbf{F}_1)(\mathbf{r} d\mathbf{F}_2)}{|\mathbf{r}|^4} \quad (4)$$

wobei $\mathbf{r}$ der Abstandsvektor von $d\mathbf{F}_1$ nach $d\mathbf{F}_2$ ist (Abbildung 1).

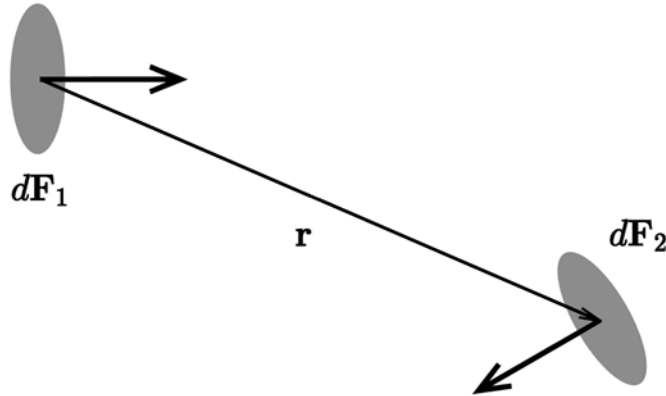


Abbildung 1: Die Geometrie der klassischen Strahlung: Eine strahlende infinitesimale Fläche $d\mathbf{F}_1$ und eine bestrahlte infinitesimale Fläche $d\mathbf{F}_2$ im Abstand $\mathbf{r}$.

Für ein allgemeines Strahlungsfeld schreibt man

$$I_\nu = I_\nu(x, y, z; l, m, n; t) \quad (5)$$

wobei (x, y, z) die Koordinaten, (l, m, n) die Richtungskosinus und t die Zeit bezeichnen, auf die sich I_ν bezieht.

Mit Hilfe der Definition der Skalarprodukts kann Gleichung (4) gebracht werden in die Form

$$dE_\nu = I_\nu d\nu dt \cdot \frac{(\cos \vartheta_1 d\mathbf{F}_1) \cdot (\cos \vartheta_2 d\mathbf{F}_2)}{r^2} \quad (6)$$

Ein spezieller Fall ist gegeben durch

$$\cos \vartheta_2 = 1 \quad (7)$$

Mit

$$\begin{aligned} \vartheta &= \vartheta_1 \\ d\sigma &= dF_1 \\ d\omega &= dF_2/r^2 \end{aligned} \quad (8)$$

wird Gleichung (6) zu

$$dE_\nu = I_\nu d\nu dt \cos \vartheta d\sigma d\omega \quad (9)$$

und definiert damit den *Stift der Strahlung* [93].

Gleichung (6), welche weiter unten benutzt wird, ist ein wenig allgemeiner als Gleichung (9), welche in der Literatur gebräuchlicher ist. Beide Gleichungen können vereinfacht werden,

indem man eine *integrierte Intensität*

$$I_0 = \int_0^\infty I_\nu d\nu \quad (10)$$

eingführt und dazu eine *Strahlungsleistung* dP . Zum Beispiel kann Gleichung (6) in die Form gebracht werden

$$dP = I_0 \cdot \frac{(\cos \vartheta_1 dF_1) \cdot (\cos \vartheta_2 dF_2)}{r^2} \quad (11)$$

2.1.3 Integration

Im Rahmen der Durchführung der Integration darf man eine Buchhaltung über die Dimensionen der verwendete Größen nicht vernachlässigen. Gewöhnlich wird über die Fläche dF_1 integriert und die Gleichung in einer Weise so umgestellt, dass die Intensität I (bzw. die Intensität multipliziert mit einem Flächenelement $I dF$) auf beiden Seiten der Gleichung erscheint. Insbesondere sind drei Fälle interessant:

(a) *Zwei parallele Flächen mit Abstand a .* Nach Abbildung 2 kann man schreiben

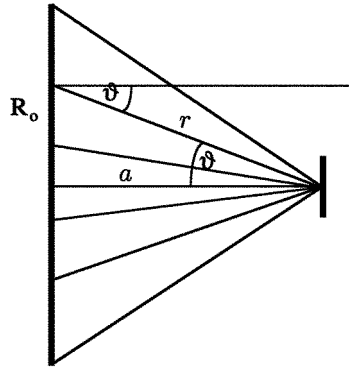


Abbildung 2: Zwei parallele Flächen mit Abstand a .

$$\vartheta_1 = \vartheta_2 =: \vartheta \quad (12)$$

Indem man

$$r^2 = r_0^2 + a^2 \quad (13)$$

$$2r dr = 2r_0 dr_0 \quad (14)$$

$$\cos \vartheta = \frac{a}{r} \quad (15)$$

setzt, erhält man

$$\begin{aligned}
 I_{\text{parallel areas}} &= \int_0^{2\pi} \int_0^{R_0} I_0 \frac{(\cos \vartheta)^2}{r^2} r_0 dr_0 d\varphi \\
 &= \int_0^{2\pi} \int_0^{R_0} I_0 \frac{a^2}{r^4} r_0 dr_0 d\varphi \\
 &= \int_0^{2\pi} \int_a^{\sqrt{R_0^2+a^2}} I_0 \frac{a^2}{r^4} r dr d\varphi \\
 &= 2\pi \cdot I_0 \cdot a^2 \cdot \int_a^{\sqrt{R_0^2+a^2}} \frac{1}{r^3} dr \\
 &= 2\pi \cdot I_0 \cdot a^2 \cdot \left(-\frac{1}{2r^2} \Big|_a^{\sqrt{R_0^2+a^2}} \right) \\
 &= \pi \cdot I_0 \cdot a^2 \cdot \left(\frac{1}{a^2} - \frac{1}{R_0^2 + a^2} \right) \\
 &= \pi \cdot I_0 \cdot \frac{R_0^2}{R_0^2 + a^2}
 \end{aligned} \tag{16}$$

(b) *Zwei parallele Flächen mit Abstand $a \rightarrow 0$*

Wenn der Abstand a sehr klein wird, während R_0 endlich gehalten wird, hat man

$$I_{\text{parallel areas } (a \rightarrow 0)} = \lim_{a \rightarrow 0} \left(\pi \cdot I_0 \cdot \frac{R_0^2}{R_0^2 + a^2} \right) = \pi I_0 \tag{17}$$

Diese Beziehung korrespondiert der Halbraum-Intensität für eine Strahlung von der Einheitsfläche.

(c) *Die von der Sonne angestrahlte Erde*

Mit I_0^{Sun} als Faktor I_0 für die Sonne ist die solare Halbraum-Intensität gegeben durch

$$I_{\text{Sun's surface}} = \pi \cdot I_0^{\text{Sun}} \tag{18}$$

Wenn man

$$a = R_{\text{Earth's orbit}} \tag{19}$$

$$R_0 = R_{\text{Sun}} \tag{20}$$

setzt, erhält man für die Intensität der Sonnenstrahlung an der Erdbahn

$$\begin{aligned}
 I_{\text{Earth's orbit}} &= \pi \cdot I_0^{\text{Sun}} \cdot \frac{R_{\text{Sun}}^2}{R_{\text{Sun}}^2 + R_{\text{Earth's orbit}}^2} \\
 &= I_{\text{Sun's surface}} \cdot \frac{R_{\text{Sun}}^2}{R_{\text{Sun}}^2 + R_{\text{Earth's orbit}}^2} \\
 &\approx I_{\text{Sun's surface}} \cdot \frac{R_{\text{Sun}}^2}{R_{\text{Earth's orbit}}^2} \\
 &\approx I_{\text{Sun's surface}} \cdot \frac{1}{(215)^2}
 \end{aligned} \tag{21}$$

2.1.4 Das Stefan-Boltzmann-Gesetz

Für einen perfekten schwarzen Körper und eine Einheitsfläche, die in seiner Nähe positioniert ist, können wir die Intensität I mit Hilfe der Kirchhoff-Planck-Funktion berechnen, für die es zwei Versionen

$$B_\nu(T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \left[\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1 \right]^{-1} \quad (22)$$

$$B_\lambda(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \left[\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1 \right]^{-1} \quad (23)$$

gibt, die gemäß

$$B_\nu(T) d\nu = B_\nu(T) \frac{d\nu}{d\lambda} d\lambda = -B_\nu(T) \frac{c}{\lambda^2} d\lambda =: -B_\lambda(T) d\lambda \quad (24)$$

miteinander im Zusammenhang stehen, mit

$$\nu = c/\lambda \quad (25)$$

wobei c die Lichtgeschwindigkeit, h die Plancksche Konstante, k die Boltzmann-Konstante, λ die Wellenlänge, ν die Frequenz und T die absolute Temperatur ist. Wenn wir über alle Frequenzen und Wellenlängen integrieren, erhalten wir das Stefan-Boltzmann T^4 -Gesetz

$$I = \pi \cdot \int_0^\infty B_\nu(T) d\nu = \pi \cdot \int_0^\infty B_\lambda(T) d\lambda = \sigma T^4 \quad (26)$$

mit

$$\sigma = \pi \cdot \frac{2\pi^4 k^4}{15c^2 h^3} = 5.670400 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} \quad (27)$$

Es ist üblich, etwas abgekürzt zu schreiben

$$S(T) = 5.67 \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad (28)$$

Dies ist die Netto-Strahlungsenergie pro Einheitszeit pro Einheitsfläche platziert in der Nachbarschaft einer strahlenden ebenen Fläche eines schwarzen Körpers.

2.1.5 Schlussfolgerung

Drei Tatsachen sollten hier hervorgehoben werden:

- In der *klassischen Strahlungstheorie* wird Strahlung *nicht* durch ein Vektorfeld beschrieben, das jedem Punkt im Raum einen entsprechenden Vektor zuordnet. Vielmehr werden jedem Raumpunkt viele Strahlen zugeordnet (Abbildung 3). Dies steht in scharfem Kontrast zur modernen Beschreibung des Strahlungsfeldes als elektromagnetisches Feld mit einem Poynting-Vektorfeld als der zugeordneten relevanten Größe [99].

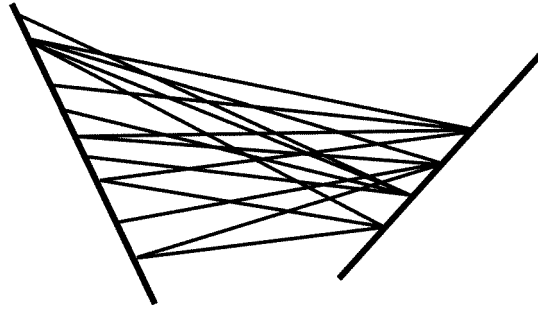


Abbildung 3: Die Geometrie der klassischen Strahlung: Zwei gegeneinander strahlende Flächen.

- Die Konstante σ , die in dem T^4 -Gesetz erscheint, ist *keine* universelle Konstante der Physik. Sie hängt stark von der besonderen Geometrie des betrachteten Problems ab.⁹
- Das T^4 -Gesetz wird nicht mehr gelten, wenn man über ein gefiltertes Spektrum integriert, welches die Situation in der realen Welt widerspiegelt. Dies ist in Abbildung 4 illustriert.

Viele Pseudo-Erklärungen im Kontext der Globalklimatologie sind bereits durch diese drei Beobachtungen der mathematischen Physik falsifiziert.

2.2 Die Sonne als ein schwarzer Strahler

Die Kirchhoff-Planck-Funktion beschreibt einen idealen Schwarzkörper-Strahler. Aus Gründen der Bequemlichkeit definiert man

$$B_{\lambda}^{\text{sunshine}} = B_{\lambda}^{\text{Sun}} \cdot \frac{R_{\text{Sun}}^2}{R_{\text{Earth's orbit}}^2} = B_{\lambda}^{\text{Sun}} \cdot \frac{1}{(215)^2} \quad (29)$$

Figure 5 zeigt das Spektrum des Sonnenlichts unter der Annahme, dass die Sonne ein schwarzer Körper der Temperatur $T = 5780 \text{ K}$ ist.

Um den Teil der Strahlung für ein gewisses Wellenlängen-Intervall $[\lambda_1, \lambda_2]$ zu bestimmen, muss man den Ausdruck

$$\frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} B_{\lambda}^{\text{sunshine}}(5780) d\lambda}{\int_0^{\infty} B_{\lambda}^{\text{sunshine}}(5780) d\lambda} \quad (30)$$

berechnen. Tabelle 8 zeigt die prozentualen Anteile des ultravioletten, sichtbaren und infraroten Sonnenlichts. Hier ist angenommen, dass der sichtbare Bereich des Lichtes zwischen

⁹Für die Berechnung der Strahlungsübertragung in einer Anordnung vieler Schichten zum Beispiel, ist der korrekte Ausgangspunkt der infinitesimale Ausdruck für die Strahlungsintensität, nicht etwa der bereits berechnete integrierte Stefan-Boltzmann-Ausdruck, der ja für eine vollständig andere Situation berechnet wurde.

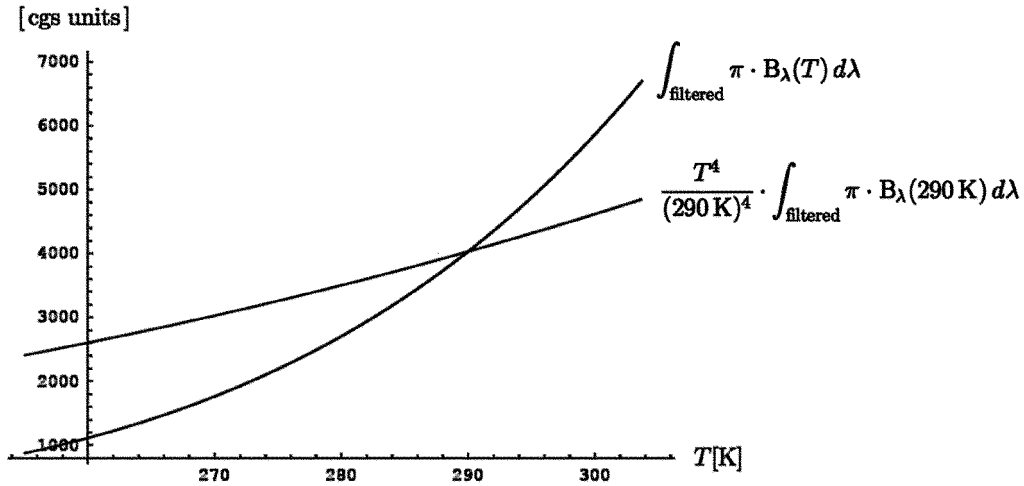


Abbildung 4: Die Strahlung eines schwarzen Körpers verglichen mit der Strahlung eines farbigen Probekörpers. Die nicht-universelle Konstante σ ist so normalisiert, dass beide Kurven bei $T = 290 \text{ K}$ zusammenfallen. Das Stefan-Boltzmann T^4 -Gesetz gilt nicht länger im letzten Fall, indem nur über zwei Bänder integriert wird, nämlich über das sichtbare Licht und über die infrarote Strahlung von $3 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$, was zu einer steileren Kurve führt.

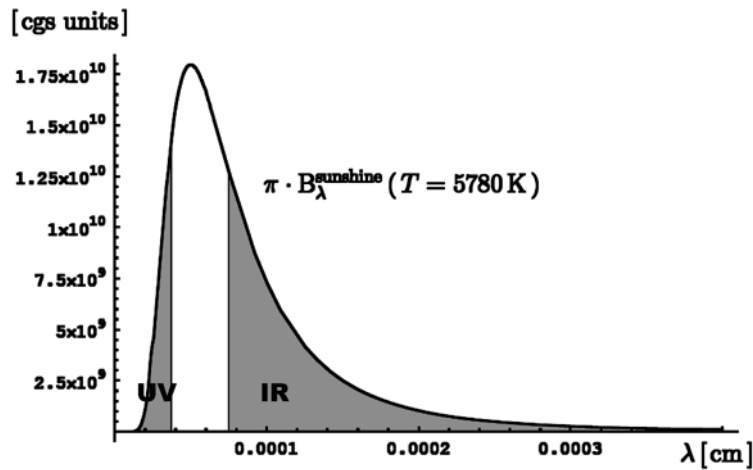


Abbildung 5: Das Spektrum des Sonnenlichts unter der Annahme, dass die Sonne ein schwarzer Körper der Temperatur $T = 5780 \text{ K}$ ist.

Band	Range [nm]	Portion [%]
ultraviolet	0 – 380	10,0
visible	380 – 760	44,8
infrared	760 – ∞	45,2

Tabelle 8: Der prozentuale Anteil des ultravioletten, sichtbaren und infraroten Sonnenlichts.

380 nm und 760 nm liegt. Es sollte erwähnt werden, dass der sichtbare Bereich vom Individuum abhängt.

Wie auch immer, der Anteil des eingestrahnten Sonnenlichts im infraroten Bereich ist größer als der im sichtbaren Bereich. In den meisten Arbeiten, die den Treibhauseffekt diskutieren, wird diese bedeutende Tatsache einfach verschweigen.

2.3 Die Strahlung an einem sehr schönen Tag

2.3.1 Das Phänomen

Jeder Autofahrer kennt eine bestimmte Art eines Glashauses- oder Treibhauseffekts, insbesondere nach dem heißen Sommer eines Jahres. Wenn er sein normal temperiertes Fahrzeug am Morgen abstellt und die Sonne ins Innere des Wagen scheint, bis er wieder am Mittag zurückkehrt, verbrennt er sich fast die Finger am Steuerrad, wenn das Armaturenbrett einer direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt war. Die Luft innerhalb des Wagens ist unerträglich heiß geworden, selbst wenn es außerhalb ganz angenehm ist. Man öffnet dann das Fenster und das Schiebedach, aber unangenehm heiße Luft vom Armaturenbrett kommt einem während der Fahrt immer noch entgegen. Einen ähnlichen Effekt kann man im Winter beobachten; nur freut man sich dann über die Tatsache, dass es innen wärmer ist als draußen.

In Treibhäusern oder Glashäusern wird dieser Effekt ausgenutzt: Es ist umweltfreundliche Sonnenenergie, für die vermutlich auch in ferner Zukunft keine Energiesteuer bezahlt werden muss, die hier zum Heizen verwendet wird. Trotzdem haben Glashäuser nicht die konventionellen Gebäude ersetzt, nicht nur weil viele Leute gerne Energiesteuern bezahlen, um im Winter zu heizen, und an Sommertagen in einem kälteren Apartment zu leben, sondern weil die Glashäuser auch gewisse andere Nachteile haben.

2.3.2 Der Sonnenschein

Man muss kein Experte in Physik sein, um sofort zu erklären können, warum der Wagen innen so heiß ist. Es ist die Sonne, welche das Innere des Wagens aufheizt. Jedoch ist ein

wenig schwieriger zu erklären, weshalb es außerhalb des Wagens nicht so heiß ist, obwohl die Sonnenstrahlung den Boden ohne jegliche Hindernisse trifft.

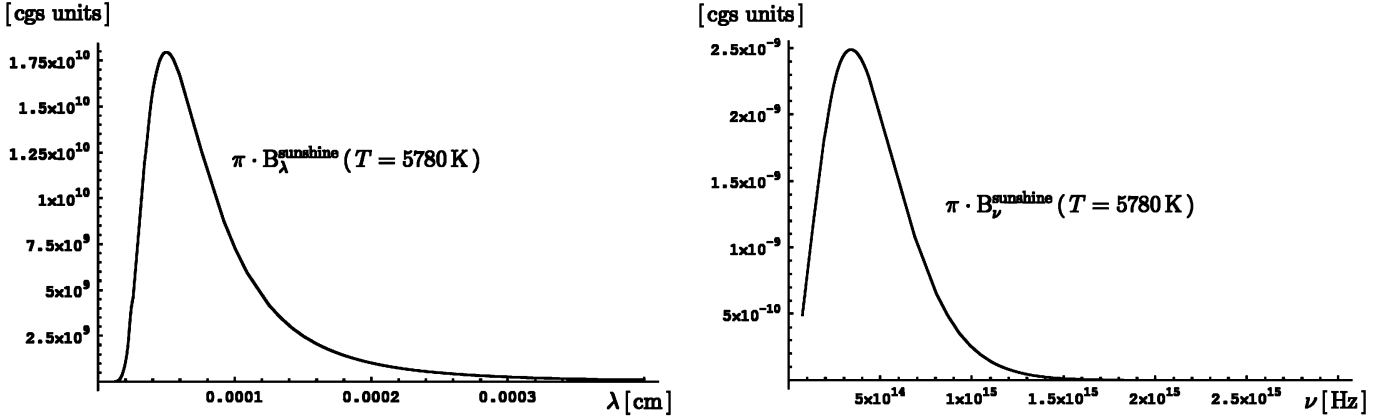


Abbildung 6: Die ungefilterte spektrale Verteilung der auf die Erde einkommenden Sonnenstrahlung unter der Annahme, dass die Sonne ein schwarzer Körper ist mit der Temperatur $T = 5780 \text{ K}$ (links: im Wellenlängen-Raum, rechts: im Frequenz-Raum).

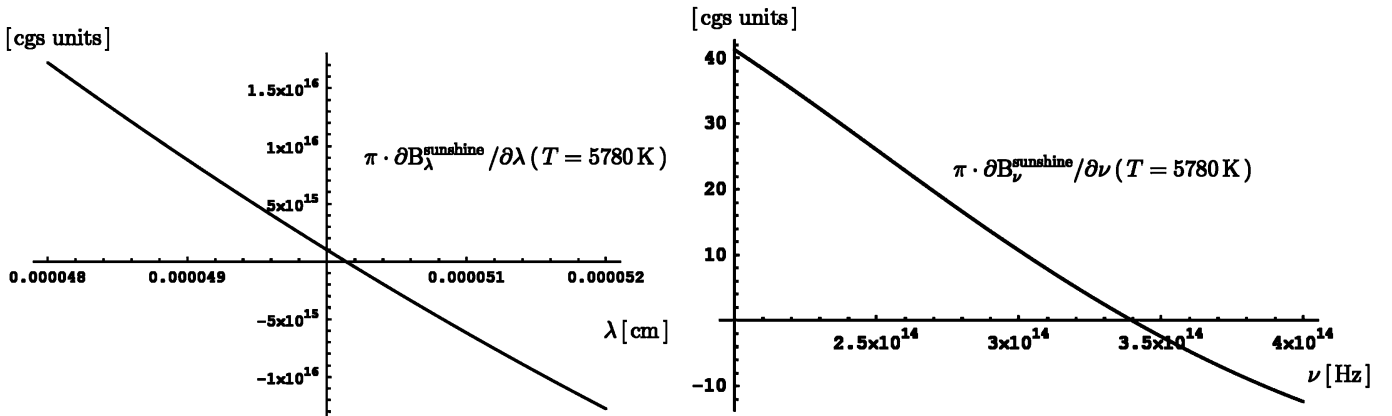


Abbildung 7: Die exakte Position der Nullstellen der partiellen Ableitungen der Strahlungsintensitäten der auf der Erde eintreffenden Sonnenstrahlung. (links: im Wellenlängenraum, rechts: im Frequenzraum).

Schon Physikstudenten der ersten Semester können mit Ihrem Standard-Wissen diese Art eines Treibhauseffekts leicht „erklären“. Der Hauptteil der Sonnenstrahlung (Abbildung 6) passiert das Glas, weil das Maximum (Abbildung 7) der Sonnenstrahlung im Bereich der blaugrünen Wellenlänge

$$\lambda_{\text{bluegreen}} = 0.5 \mu\text{m} \quad (31)$$

liegt, welche das Glas durchlässt. Dieser Teil kann mit der Kirchhoff-Planck-Funktion berechnet werden.

Es ist klar, dass dieses Ergebnis von der Art des Glases abhängt. Wenn es zum Beispiel für elektromagnetische Strahlung im Bereich 300 nm - 1000 nm transparent ist, dann hätte man

$$\frac{\int_{0.3 \mu\text{m}}^{1 \mu\text{m}} B_{\lambda}^{\text{sunshine}}(5780) d\lambda}{\int_0^{\infty} B_{\lambda}^{\text{sunshine}}(5780) d\lambda} = 77,2 \% \quad (32)$$

Im Falle eines Glases, von dem man annimmt, es sei nur gegenüber sichtbarem Licht (380 nm - 760 nm) transparent, erhielte man

$$\frac{\int_{0.380 \mu\text{m}}^{0.760 \mu\text{m}} B_{\lambda}^{\text{sunshine}}(5780) d\lambda}{\int_0^{\infty} B_{\lambda}^{\text{sunshine}}(5780) d\lambda} = 44,8 \% \quad (33)$$

Wegen der Fresnel-Reflexion [99] an den beiden Grenzflächen der Glasscheibe muss man 8 - 10 Prozent abziehen, so dass nur 60 - 70 Prozent (bzw. 40 Prozent) der Sonnenstrahlung das Innere des Wagens erreichen. Hochwirksam getöntes Glas, auch als *spektral-sensitiv getöntes Glas* bekannt, reduziert die Erwärmung durch solare Einstrahlung um einen Faktor von 0.50 (um einen Faktor von 0.69 im sichtbaren Bereich) verglichen mit dem Standardglas [100].

2.3.3 Die Strahlung des Bodens

Der Boden eines Glashauses hat eine Temperatur von etwa 290 K (Abbildung 8).

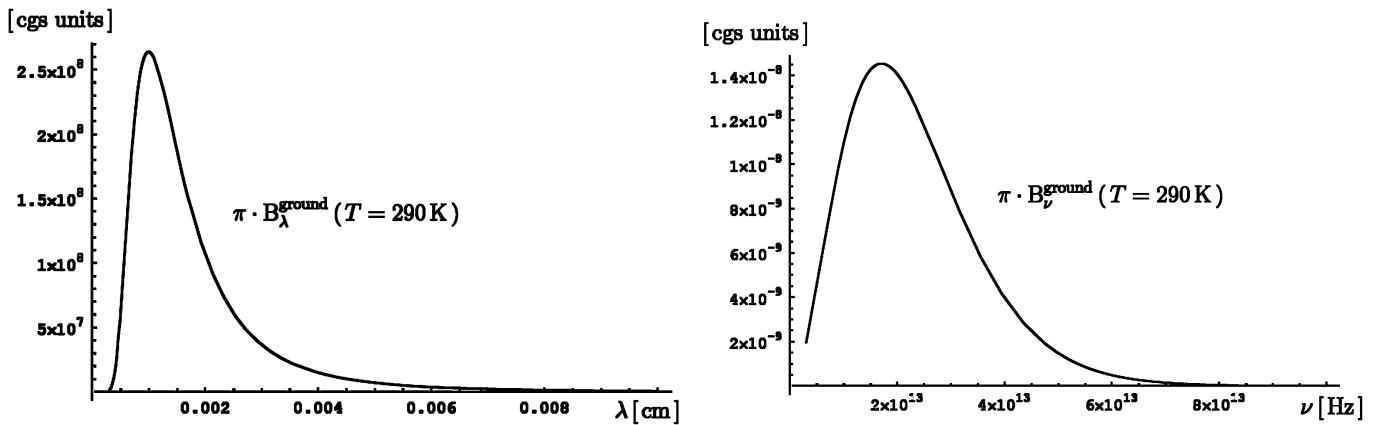


Abbildung 8: Die ungefilterte spektrale Verteilung der Strahlung des Bodens unter der Annahme, dass die Erde ein schwarzer Körper ist mit Temperatur $T = 290 \text{ K}$ (links: im Wellenlängenraum, rechts: im Frequenzraum).

Das Maximum der Schwarzkörper-Strahlung kann mit Hilfe des Wienschen Verschiebungsgesetz berechnet werden (vergleiche Abbildung 9 und Abbildung 10):

$$\lambda_{\max}(T) \cdot T = \text{const.} \quad (34)$$

gibt

$$\lambda_{\max}(300 \text{ K}) = \frac{6000 \text{ K}}{300 \text{ K}} \cdot \lambda_{\max}(6000 \text{ K}) = 10 \mu\text{m} \quad (35)$$

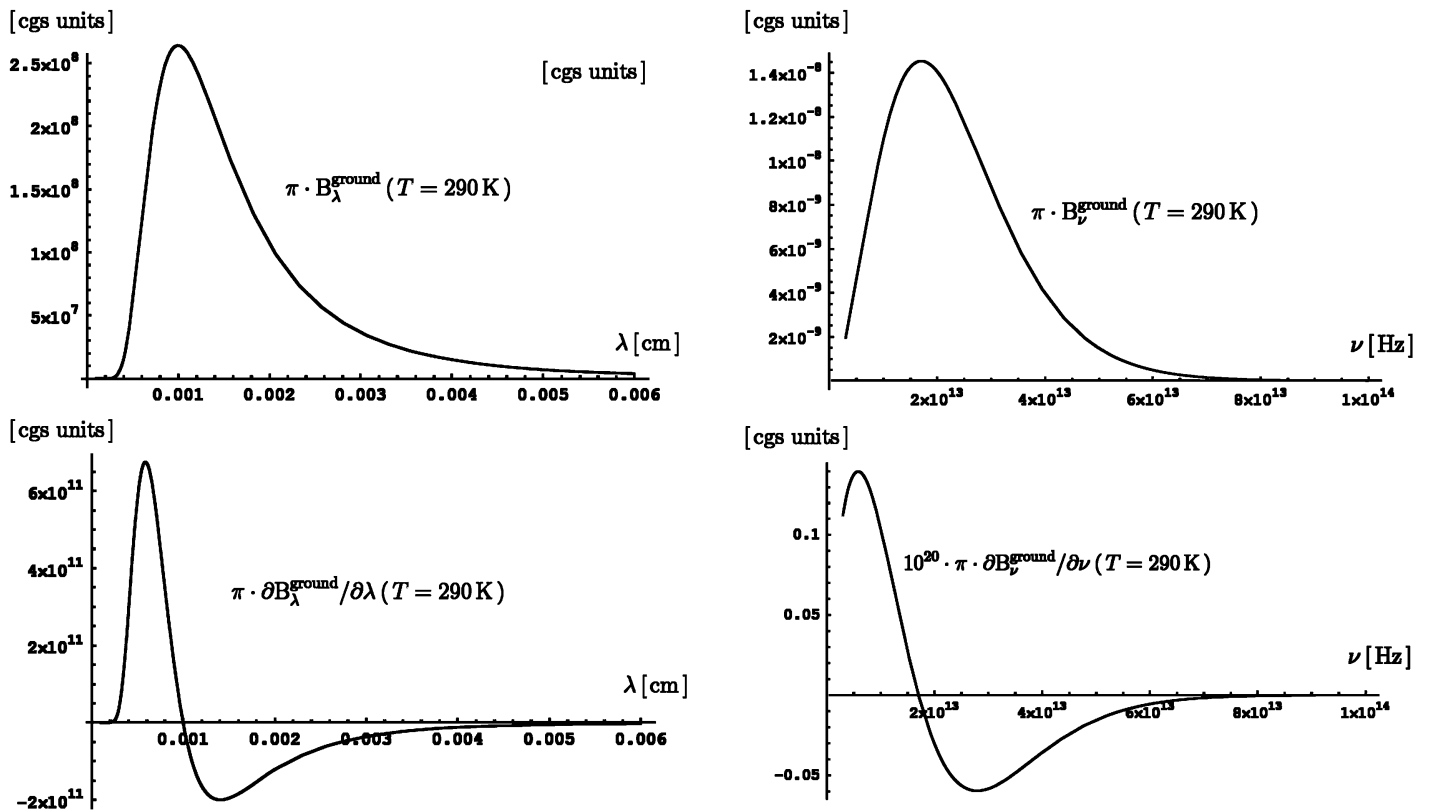


Abbildung 9: Die Strahlungsintensität des Bodens *und* seine partielle Ableitung als eine Funktion der Wellenlänge λ (linke Spalte) und der Frequenz ν (rechte Spalte).

Dies ist weit im infraroten Wellenlängenbereich, wo das Glas nach der Beerschen Formel [101] praktisch alles Licht reflektiert. Praktisch 100 Prozent der Schwarzkörper-Strahlung bei Bodentemperaturen liegen oberhalb der Wellenlängen von $3.5 \mu\text{m}$. Die thermische Strahlung ist somit von den Glasscheiben „eingefangen“.

Nach dem Wienschen Potenzgesetz, das die Intensität der Wellenlängen-Maximums beschreibt

$$B_{\lambda_{\max}}(T) \propto T^5 \quad (36)$$

ist die Intensität der Strahlung auf dem Boden an der Stelle des Maximums

$$\frac{T_{\text{Sun}}^5}{T_{\text{Earth's ground}}^5} \approx \frac{6000^5}{300^5} = 20^5 = 3.2 \cdot 10^6 \quad (37)$$

mal kleiner als auf der Sonne und

$$\frac{T_{\text{Sun}}^5}{T_{\text{Earth's ground}}^5} \cdot \frac{R_{\text{Sun}}^2}{R_{\text{Earth's orbit}}^2} \approx 20^5 \cdot \frac{1}{215^2} \approx 70 \quad (38)$$

mal kleiner als die Sonnenstrahlung auf der Erde. Die *Gesamtstrahlung* kann berechnet werden aus dem Stefan-Boltzmann-Gesetz

$$B_{\text{total}}(T) = \sigma \cdot T^4 \quad (39)$$

Somit ist das Verhältnis von Sonnenstrahlung und Bodenstrahlung gegeben durch

$$\frac{T_{\text{Sun}}^4}{T_{\text{Earth's ground}}^4} \cdot \frac{R_{\text{Sun}}^2}{R_{\text{Earth's orbit}}^2} \approx 20^4 \cdot \frac{1}{215^2} \approx 3.46 \quad (40)$$

Grob gesprochen ist die Strahlung des Bodens etwa vier mal schwächer als die einkommende Sonnenstrahlung.

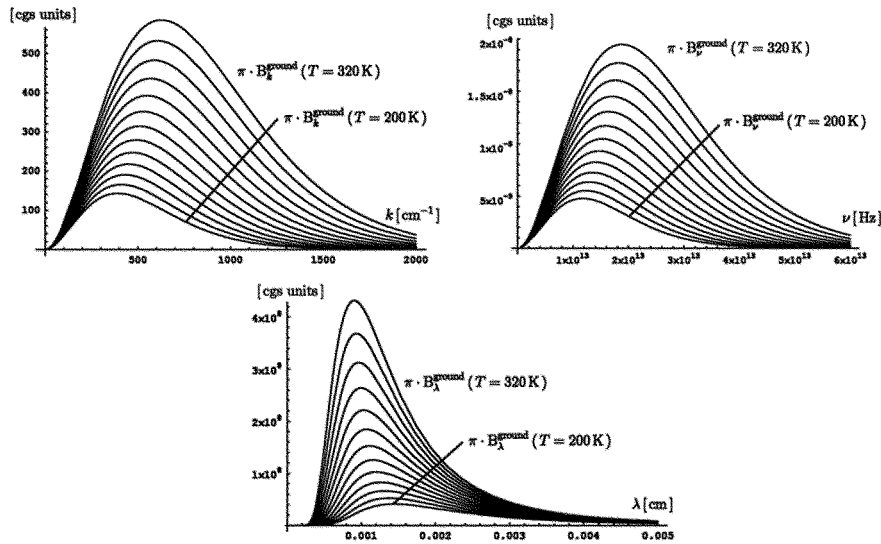


Abbildung 10: Drei Versionen der Familien von Strahlungskurven für die Bodenstrahlung (als Funktion der Wellenzahl k , der Frequenz ν und der Wellenlänge λ) unter der Annahme, dass die Erde ein schwarzer Körper sei.

2.3.4 Sonnenschein versus Bodenstrahlung

Um die Unterschiede noch klarer zu machen, ist es praktisch, die spektrale Verteilung der Intensität der Sonnenstrahlung an der Erdbahn und die spektrale Verteilung der Intensität der Strahlung eines schwarzen Körpers von 290 K in Relation zu den Wellenlängen (Abbildungen 11, 12 und 13) darzustellen. Um beide Kurven in einer Zeichnung gegenüberzustellen, verwendet man die Technik der überhöhten Darstellung und/oder wendet eine geeignete Re-Skalierung an.

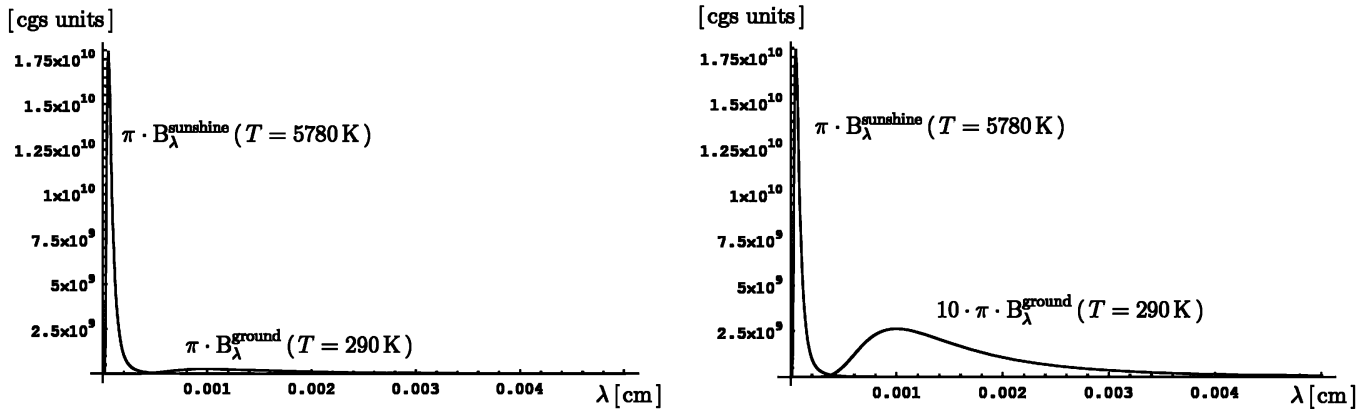


Abbildung 11: Die ungefilterte spektrale Verteilung der auf der Erde ankommenden Sonnenstrahlung unter der Annahme, dass die Sonne ein schwarzer Körper ist mit Temperatur $T = 5780 \text{ K}$ und die ungefilterte spektrale Verteilung der Bodenstrahlung unter der Annahme, dass die Erde ein schwarzer Körper ist mit Temperatur $T = 290 \text{ K}$, beide in einem Diagramm (links: normal, right: überhöht um einen Faktor von 10 für die Bodenstrahlung).

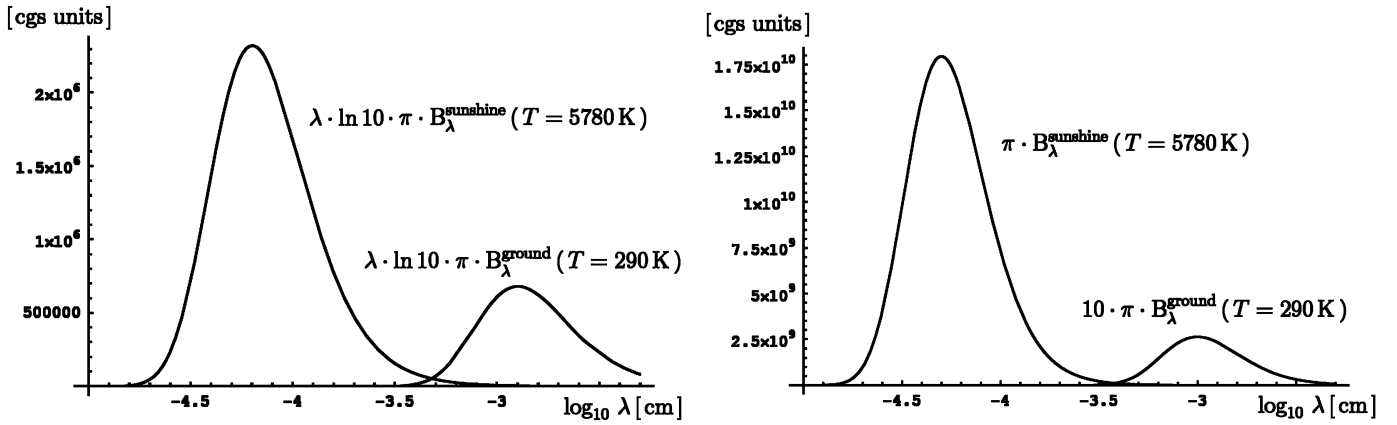


Abbildung 12: Die ungefilterte spektrale Verteilung der auf der Erde ankommenden Sonnenstrahlung unter der Annahme, dass die Sonne ein schwarzer Körper ist mit Temperatur $T = 5780 \text{ K}$ und die ungefilterte spektrale Verteilung der Bodenstrahlung unter der Annahme, dass die Erde ein schwarzer Körper ist mit Temperatur $T = 290 \text{ K}$, beide in einem semi-logarithmischen Diagramm (links: normalisiert in einer Weise, dass gleiche Flächen gleichen Intensitäten entsprechen, rechts: überhöht um einen Faktor 10 für die Bodenstrahlung).

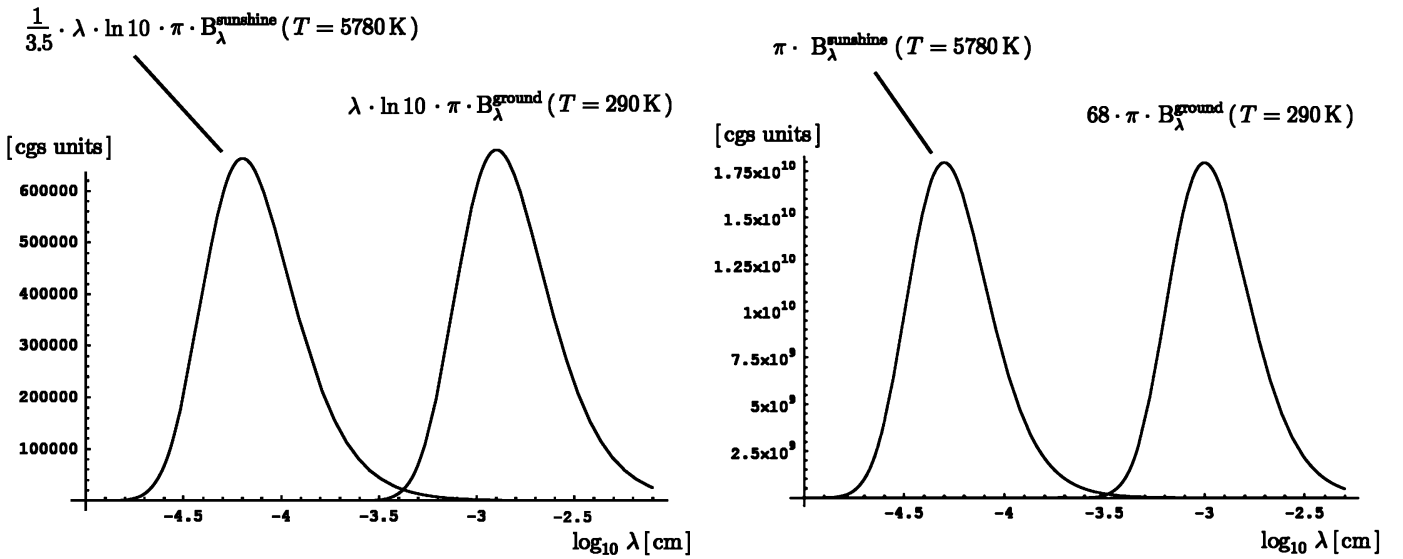


Abbildung 13: Die ungefilterte spektrale Verteilung der auf der Erde ankommenden Sonnenstrahlung unter der Annahme, dass die Sonne ein schwarzer Körper ist mit Temperatur $T = 5780 \text{ K}$ und die ungefilterte spektrale Verteilung der Strahlung des Bodens unter der Annahme, dass die Erde ein schwarzer Körper ist mit Temperatur $T = 290 \text{ K}$, beide in einem semi-logarithmischen Diagramm (links: normalisiert in einer Weise, dass gleiche Flächen gleichen Intensitäten entsprechen mit einer zusätzlichen Re-Skalierung der Sonnenschein-Kurve um einen Faktor von $1/3.5$, rechts: überhöht um einen Faktor von 68 für die Bodenstrahlung).

Es wird unmittelbar deutlich, dass

- dass die Maxima bei $0.5\ \mu\text{m}$ bzw. $10\ \mu\text{m}$ liegen,
- dass die Intensitäten der Maxima sich durch einen Faktor von mehr als eine Größenordnung von 10 unterscheiden,
- dass oberhalb von $0.8\ \mu\text{m}$ (Infrarot) die Luminosität (Helligkeit) der einkommenden Sonnenstrahlung eine beachtenswerte Intensität hat.

Abbildung 13 ist ein obszönes Bild, weil es physikalisch irreführend ist. Die Obszönität wird allerdings nicht im Auge des Betrachters verweilen, wenn er einen Blick auf die obskuren Skalierungsfaktoren wirft, die schon Bakan und Raschke in undokumentierter Weise in ihrem Papier über den sogenannten natürlichen Treibhauseffekt anwenden [102]. Dies ist ein wissenschaftliches Fehlverhalten, ebenso wie die fehlende Zitierung. Bakan and Raschke übernahmen diese Abbildung aus Ref. [103], wobei die Skalierungsfaktoren, welche für die ganze Diskussion *von äußerster Bedeutung sind*, unspezifiziert bleiben. Dies ist ebenso ein wissenschaftliches Fehlverhalten.

2.3.5 Schlussfolgerung

Obwohl in den meisten Fällen die gegebene „Erklärung“ ausreicht, um eine akzeptable Lösung der Standard-Problems vorzulegen, wie es in Kursen der unteren Semester präsentiert wird, so lässt die Analyse die Hauptfrage unbeantwortet, nämlich weshalb die Luft innerhalb des Autos wärmer ist als außerhalb, und weshalb das Armaturenbrett im Wagen heißer ist als der Boden außerhalb des Wagens. Im Folgenden werden wir deshalb uns der Situation experimentell nähern.

2.4 Experimente für den schulischen Unterricht

An einem heißen Nachmittag im Sommer wurden mit einem Standard-Digitalthermometer vom ersten Autor Temperaturmessungen durchgeführt [104–108]. Experimente dieser Art wurden kürzlich vom zweiten Autor erfolgreich wiederholt.

In der Sommerzeit können solche Messungen sehr leicht von jedermann reproduziert werden. Die Resultate der Experimente sind in der Tabelle 9 aufgelistet.

Gegen diese Messungen könnte man einwenden, dass man die Feuchtigkeit des Bodens berücksichtigen muss. Zu manchen Zeiten im Jahr zum Beispiel werden die Steine im Regen nass. Die oben erwähnten Messungen wurden zu einer Zeit gemacht, als es wochenlang nicht geregnet hatte. Es handelt sich um wirklich gemessene Werte, nicht um über Breiten und Längen der Erde, über Tag und Nacht, über alle Jahreszeiten und alle Wetteränderungen gemittelte Durchschnittswerte. Diese Messungen seien jedem Klimatologen empfohlen, der

Ort des Thermometers	Temperatur
innerhalb des Wagens, in der Sonne	71 °C
innerhalb des Wagens, im Schatten	39 °C
in der Nähe des Wagens, direkt in der Sonne, dicht oberhalb des Bodens	31 °C
in der Nähe des Wagens, im Schatten, dicht oberhalb des Bodens	29 °C
im Wohnzimmer	25 °C

Tabelle 9: Gemessene Temperaturen innerhalb und außerhalb des Wagens an einem heißen Sommertag.

an den atmosphärischen CO₂-Treibhauseffekt glaubt, weil er bereits während der Messung fühlt, dass der gerade beschriebene Effekt **nichts zu tun hat mit** eingefangener thermischer Strahlung.

Berührt man die Fenster des Wagens, stellt man fest, dass die Scheiben, die angeblich das infrarote Licht absorbieren, ziemlich kalt sind und das Innere des Wagens in keiner Weise heizen. Wenn man seine Hand im Schatten in der Nähe eines sehr heißen Teils des Armaturenbretts hält, so spürt man praktisch keine thermische Strahlung trotz der Temperatur von 70 °C, während man klar die heiße Luft fühlen kann. Dicht oberhalb des Erdbodens kann man erkennen, warum es dort kälter ist als im Wagen: Die Luft innerhalb des Wagens „steht still“, aber oberhalb des Erdbodens fühlt man stets eine leichte Bewegung der Luft. Der Erdboden ist niemals perfekt eben, so dass es immer Licht und Schatten gibt, was die Zirkulation am Laufen hält. Früher wurde dieser Effekt in vielen alten Gebäuden in Braunschweig ausgenutzt. Die Südseiten der Häuser hatten Ausbuchtungen. Damit lagen Teile der Wände im Schatten, und durch die so angeregte Zirkulation heizten sich die Wände weniger auf.

Um den Erwärmungseffekt zu studieren, kann man einen Körper betrachten mit der spezifischen Wärme c_v und Dicke d , dessen Querschnitt F eine Strahlung der Intensität S erfährt (siehe Abbildung 14). Man hat

$$\varrho F d c_v \frac{dT}{dt} = FS \quad (41)$$

bzw.

$$\frac{dT}{dt} = \frac{S}{\varrho c_v d} \quad (42)$$

was nach Integration

$$T = T_0 + \frac{S}{\varrho c_v d} (t - t_0) \quad (43)$$

ergibt. In dieser Näherung gibt es einen linearen Anstieg der Temperatur in der Zeit infolge der zugestrahlten Intensität. Man sieht, dass die Temperatur besonders schnell steigt, wenn die ab-

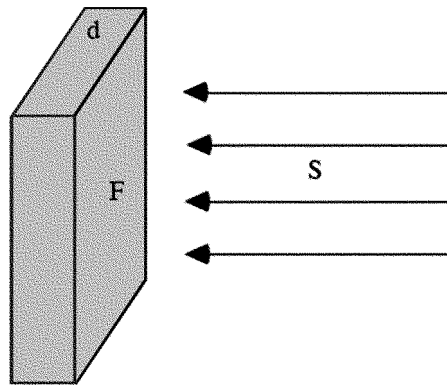


Abbildung 14: Ein Parallelepipid der Dicke d und des Querschnitts F unter Sonnenbestrahlung.

sorbierenden Körper kleine Durchmesser haben. Entsprechendes gilt für die Wärmekapazität pro Volumen:

- Ist die Wärmekapazität groß, so wird die Temperaturänderung langsam sein.
- Ist die Wärmekapazität klein, so wird die Temperaturänderung schnell sein.

So ist die zugestrahlte Intensität verantwortlich für die schnellen Wechsel der Temperatur, *nicht* für ihren Wert. Der Anstieg der Temperatur wird durch die Wärmeübertragung an die Umgebung begrenzt.

Insbesondere in der Thermodynamik für Ingenieure werden die verschiedenen Arten der Wärmeübertragung und ihr Wechselspiel miteinander ausführlich diskutiert [95–97]. Eine umfassende Quelle ist das klassische Lehrbuch von Schack [95]. Die theoretischen Resultate wurden in der Praxis überprüft zum Beispiel in Brennkammern und haben damit einen starken experimentellen Hintergrund.

Man hat zu unterscheiden zwischen

- Wärmeleitung
- Konvektion
- Strahlung
- Übertragung latenter Wärme in Phasenübergängen wie zum Beispiel Kondensation und Sublimation¹⁰

¹⁰Unter diesen Phänomenen, die sich durch Austausch latenter Wärme auszeichnen, ist der *Stahlungsfrost* zu finden, ein schlagendes Beispiel für die Abkühlung der Erdoberfläche durch Emission von Infrarot-Strahlung.

Wärmeleitung, Kondensation und Strahlung, welche den Anstieg der Temperaturen begrenzen, wirken innerhalb und außerhalb des Wagens praktisch in identischer Weise. Der einzig mögliche Grund für einen *Unterschied* in der Endtemperatur muss daher in der Konvektion liegen: Ein Volumenelement der Luft dicht über dem Boden, der durch Strahlung erhitzt wurde, heizt sich (vermittels Wärmeübertragung durch Wärmeleitung) auf, steigt auf und wird ersetzt durch kältere Luft. Deshalb gibt es eine höhere Differenz der Temperaturen zwischen dem Boden und der Luft und eine höhere Wärmeübertragung verglichen mit der Situation, in der die Luft nicht ersetzt werden kann.

Genauso läuft dies im Innenraum der Wagens ab; aber dort ist die Luft eingeschlossen, und der Teil der Luft, der die aufsteigende ersetzen könnte, wird wärmer und wärmer, was zu einem schlechteren Wärmeübergang führt. Außerhalb des Wagens gibt es natürlich viel mehr kältere Luft als innen. Insgesamt gibt es eine höhere Temperatur sowohl für die Flächen, die das Sonnenlicht absorbieren, als auch für die Luft. Natürlich verliert der exponierte Körper selbst Energie durch Strahlung. Der wärmere Körper innerhalb des Wagens würde mehr Wärme in einem vorgegebenen Zeitintervall verlieren als der kältere Boden außen, was zu einer höheren Temperatur außerhalb führen würde, wenn dieser Temperaturanstieg nicht durch einen anderen Mechanismus zu Nichte gemacht werden würde. Wenn man sich nun klar macht, dass nur ein kleiner Teil der oben berechneten 60 - 70 Prozent der Intensität der Sonnenstrahlung - wegen seiner Komponenten aus Metall - den Innenraum des Wagens erreicht, dann würde dieser Effekt viel stärker auf die Temperaturen außerhalb wirken. Diese „Erklärung“ dieses physikalischen Treibhauseffekts nur mit der Strahlungsbilanz würde somit zu dem umgekehrten Effekt führen. Der oben diskutierte Effekt der „eingesperrten“ Wärmestrahlung durch reflektierende Glasscheiben bliebe bestehen, und man könnte ihn als Behinderung der Wärmeübertragung interpretieren. Er bedeutete eine Verlangsamung der Abkühlungsprozesses.

Weil jedoch die Wärmeübertragung durch Strahlung im Vergleich zur Wärmeübertragung durch Konvektion unbedeutend ist, bleibt nichts von der Absorption und Reflektion des Glases im Hinblick auf infrarote Strahlung übrig, um den Treibhauseffekt zu erklären. Weder der Absorptionskoeffizient noch der Reflektionskoeffizient für Glas und infrarotes Licht ist relevant für den physikalischen Treibhauseffekt. Relevant ist lediglich die Bewegung der Luft, die durch die Glasscheiben behindert wird. Obwohl die Meteorologen dieses schon seit Urzeiten wissen [109, 110], benutzen einige von ihnen immer noch den physikalischen Treibhauseffekt, um die Temperaturen der planetaren Atmosphären zu erklären. Zum Beispiel bauen Schönwiese and Diekmann in ihrem Buch über den angeblichen atmosphärischen Treibhauseffekt ihre Argumente auf dem Glashauseffekt auf [111]. Ihre Liste von Literaturzitaten enthält eine bedeutende Primärveröffentlichung, die klar zeigt, dass dies unzulässig ist [91].

2.5 Das Experiment von Wood

Obwohl das Erwärmungsphänomen in einem Glashaus seine Ursache in der Unterdrückung der Konvektion, also der Luftkühlung, hat,¹¹ bleibt es trotzdem richtig, dass die meisten Gläser Infrarotlicht bei Wellenlängen von $1\,\mu\text{m}$ und höher beinahe vollständig absorbieren. Ein *experimentum crucis* ist daher der Aufbau eines Glashauses mit Scheiben, die aus NaCl oder KCl bestehen, die sowohl gegenüber sichtbarem Licht als auch gegenüber Infrarotlicht transparent sind. Für Steinsalz (NaCl) wurde ein solches Experiment schon im Jahre 1909 von Wood realisiert [112–115]:

“There appears to be a widespread belief that the comparatively high temperature produced within a closed space covered with glass, and exposed to solar radiation, results from a transformation of wave-length, that is, that the heat waves from the Sun, which are able to penetrate the glass, fall upon the walls of the enclosure and raise its temperature: the heat energy is re-emitted by the walls in the form of much longer waves, which are unable to penetrate the glass, the greenhouse acting as a radiation trap.

I have always felt some doubt as to whether this action played any very large part in the elevation of temperature. It appeared much more probable that the part played by the glass was the prevention of the escape of the warm air heated by the ground within the enclosure. If we open the doors of a greenhouse on a cold and windy day, the trapping of radiation appears to lose much of its efficacy. As a matter of fact I am of the opinion that a greenhouse made of a glass transparent to waves of every possible length would show a temperature nearly, if not quite, as high as that observed in a glass house. The transparent screen allows the solar radiation to warm the ground, and the ground in turn warms the air, but only the limited amount within the enclosure. In the “open”, the ground is continually brought into contact with cold air by convection currents.

To test the matter I constructed two enclosures of dead black cardboard, one covered with a glass plate, the other with a plate of rock-salt of equal thickness. The bulb of a thermometer was inserted in each enclosure and the whole packed in cotton, with the exception of the transparent plates which were exposed. When exposed to sunlight the temperature rose gradually to $65\,^{\circ}\text{C}$, the enclosure covered with the salt plate keeping a little ahead of the other, owing to the fact that it transmitted the longer waves from the Sun, which were stopped by the glass. In order to eliminate this action the sunlight was first passed through a glass plate.

¹¹Ein Problem, mit dem alle diejenigen vertraut sind, die sich ständig mit PC-Hardware-Problemen auseinander setzen müssen.

There was now scarcely a difference of one degree between the temperatures of the two enclosures. The maximum temperature reached was about 55 °C. From what we know about the distribution of energy in the spectrum of the radiation emitted by a body at 55 °C, it is clear that the rock-salt plate is capable of transmitting practically all of it, while the glass plate stops it entirely. This shows us that the loss of temperature of the ground by radiation is very small in comparison to the loss by convection, in other words that we gain very little from the circumstance that the radiation is trapped.

Is it therefore necessary to pay attention to trapped radiation in deducing the temperature of a planet as affected by its atmosphere? The solar rays penetrate the atmosphere, warm the ground which in turn warms the atmosphere by contact and by convection currents. The heat received is thus stored up in the atmosphere, remaining there on account of the very low radiating power of a gas. It seems to me very doubtful if the atmosphere is warmed to any great extent by absorbing the radiation from the ground, even under the most favourable conditions.

I do not pretend to have gone very deeply into the matter, and publish this note merely to draw attention to the fact that trapped radiation appears to play but a very small part in the actual cases with which we are familiar.”

Auf deutsch liest sich dies etwa so:

“Es scheint einen weit verbreiteten Glauben zu geben, dass die vergleichsweise hohe Temperatur, die in einem mit Glas abgedeckten abgeschlossenen Raum, entsteht, welcher der Sonnenstrahlung ausgesetzt ist, das Resultat einer Transformation der Wellenlänge ist: Die Wärmewellen von der Sonne, die fähig sind, das Glas zu durchdringen, fallen auf die Wände des eingeschlossenen Raums und erhöhen dessen Temperatur; dabei wird die Wärmeenergie von den Wänden zurückgestrahlt in Form von viel längeren Wellen, die unfähig sind, das Glas zu durchdringen, so dass das Treibhaus als Strahlungsfalle wirkt.

Ich habe immer ziemliche Zweifel gehabt, ob dieser Mechanismus im Hinblick auf die Erhöhung der Temperatur eine wesentliche Rolle spielt. Es erschien viel wahrscheinlicher, dass die Rolle des Glases in der Verhinderung des Austausches der von dem Boden erwärmten Luft in der Kammer besteht. Wenn wir an einem kalten und windigen Tag die Türen eines Treibhauses öffnen, scheint der Einfang der Strahlung vieles von seiner Wirkung zu verlieren. Nach meiner Meinung ist es eine Tatsache, dass ein Treibhaus aus Glas, welches transparent gegenüber allen möglichen Wellenlängen ist, eine Temperatur zeigt, die näherungsweise, wenn nicht sogar exakt so hoch ist, wie sie in einem gewöhnlichen Glashauss beobachtet wird,

Der transparente Schirm erlaubt der Sonnenstrahlung, den Boden zu wärmen, und der Boden erwärmt wiederum die Luft in dem eingeschlossenen Raum, aber nur um einem begrenzten Betrag. Im geöffneten Zustand steht der Boden in kontinuierlichem Kontakt mit der kalten Luft außen, und zwar durch Konvektionsströme.

Um die Angelegenheit zu überprüfen, konstruierte ich aus pechschwarzem Karton zwei Kammern, wobei die eine mit einer Glasplatte, die andere mit einer Steinsalzplatte gleicher Dicke abgedeckt war. In jede Kammer wurde ein Thermometer platziert und das Ganze in Baumwolle gepackt, wobei die transparenten Scheiben frei blieben. Dem Sonnenlicht ausgesetzt, stieg die Temperatur nach und nach auf 65 °C, wobei die Kammer, die mit der Steinsalz-Platte abgedeckt war, sich etwas schneller erwärmte, was darauf zurückzuführen ist, dass sie auch die längeren Wellen von der Sonne durchließ, die von der Glasplatte aufgehalten werden. Um diese Wirkung auszuschließen, wurde das Licht zuerst durch eine Glasplatte gefiltert.

Nunmehr gab es kaum einen Unterschied von einem Grad zwischen den Temperaturen der beiden Kammern. Die maximalen Temperaturen, die erreicht wurden, lagen bei 55 °C. Von dem, was wir über die Verteilung der Energie im Spektrum der Strahlung wissen, die von einem Körper bei 55 °C ausgesandt wird, ist es offensichtlich, dass die Steinsalzplatte praktisch alles durchlässt, während die Glasplatte es vollständig aufhält. Dies zeigt, dass der Temperaturverlust des Bodens der Kammer durch Strahlung sehr gering ist im Vergleich zum Abfall der Temperatur durch Konvektion. Mit anderen Worten: Wir gewinnen sehr wenig aus dem Umstand, dass die Strahlung eingefangen ist.

Ist es daher notwendig, bei der Herleitung der Temperatur eines Planeten darauf zu achten, dass die Atmosphäre die Strahlung einfängt? Die Sonnenstrahlen durchdringen die Atmosphäre, erwärmen den Boden, der seinerseits die Atmosphäre durch Kontakt und Konvektionsströme erwärmt. Die empfangene Wärme ist in der Atmosphäre gespeichert und sie bleibt dort, wobei nur eine sehr geringe Strahlungsleistung des Gases zu berücksichtigen ist. Es scheint mir sehr zweifelhaft, ob die Atmosphäre zu einem großen Anteil durch Absorption der Bodenstrahlung erwärmt wird, selbst unter günstigen Bedingungen.

Ich behaupte nicht, sehr tief in die Materie eingedrungen zu sein, und veröffentliche diese Note nur, um die Aufmerksamkeit auf die Tatsache zu lenken, dass eingefangene Strahlung in den betrachteten Fällen, die uns doch so vertraut sind, nur eine sehr kleine Rolle spielt.”

Dieser Text ist allen Globalklimatologen zu empfehlen, die sich auf den Treibhauseffekt beziehen.

2.6 Zusammenfassung der Physik des Glashauses

Es ist nicht die „eingefangene“ Infrarot-Strahlung, welche die Erwärmungsphänomene in echten Treibhäusern erklärt, sondern es ist die Unterdrückung der Luftkühlung.¹²

¹²Wie beinahe jeder weiß, ist dieses auch ein Standard-Problem in PCs

3 Die fiktiven atmosphärischen Treibhauseffekte

3.1 Definition des Problems

Nachdem ausführlich diskutiert wurde, dass der physikalische Treibhauseffekt im Wesentlichen eine Erklärung ist, weshalb die Lufttemperaturen im Innern eines geschlossenen Glashauses höher sind als außerhalb, sollte man die fiktiven atmosphärischen Treibhauseffekte näher betrachten.

Mittlerweile gibt es viele unterschiedliche Phänomene und unterschiedliche Erklärungen dieser Effekte, so dass es gerechtfertigt ist, den Plural zu verwenden.

Abhängig von der jeweiligen „Denkschule“ und dem jeweiligen Grad der Popularisierung, führt die Annahme, dass die Atmosphäre für sichtbares Licht transparent und für infrarote Strahlung eher undurchlässig ist,

- zu einer Erwärmung der Erdoberfläche *und/oder*
- zu einer Erwärmung der bodennahen Atmosphäre *und/oder*
- zu einer Erwärmung einer bestimmten Schicht der Atmosphäre *und/oder*
- zu einer Verlangsamung der natürlichen Kühlung der Erdoberfläche

und so weiter.

Unglücklicherweise gibt es keine Quelle in der Literatur, wo der Treibhauseffekt in Harmonie mit den wissenschaftlichen Standards der Theoretischen Physik eingeführt ist. Wie schon betont, gibt es in Kittels Buch über „Thermal Physics“ (Physik der Wärme) ein „Supplementum“ (*sic!*) [92], welches sich auf die IPCC-Bewertungen [23, 25] bezieht. Prominente Globalklimatologen (ebenso „Klimaskeptiker“) präsentieren ihre Ideen in Handbüchern, Enzyklopädien, und in diverser Sekundär- und Tertiärliteratur.

3.2 Wissenschaftlicher Irrtum versus wissenschaftlicher Betrug

Kürzlich betonte der deutsche Klimatologe Graßl, dass Fehler in der Wissenschaft unvermeidbar seien, auch in der Klimaforschung [116]. Und das IPCC gewichtet die meisten seiner offiziellen Stellungnahmen mit einer Form eines „Wahrscheinlichkeitsmaßes“ [2]. So scheint es, dass selbst in der Mainstream-Diskussion über die vermutete anthropogene (menschengemachte) globale Erwärmung ein Raum bleibt für wissenschaftliche Fehler und ihre Korrekturen. Einige Autoren und Filmemacher liefern jedoch Argumente dafür, dass die Treibhauseffekt-Hypothese nicht auf einem Irrtum basiert, sondern ganz klar einen wissenschaftlichen Betrug darstellt.

Fünf Beispiele:

- Schon 1990 zeigte der australische Film „The Greenhouse Conspiracy“ (Die Treibhaus-Verschwörung), dass das Denkgebäude des Treibhauseffekts auf vier Pfeilern steht [117]:
 1. auf *Tatsachenmaterial*, zum Beispiel der Aufnahme von Klimadaten, die angeblich nahelegen, dass eine globale Erwärmung beobachtet wird und außergewöhnlich ist;
 2. auf der *Annahme*, dass Kohlendioxid der Grund für die Ursache dieser Änderungen ist;
 3. auf den *Voraussagen der Klimamodelle*, dass eine Verdopplung der CO₂-Konzentration zu einer vorhersagbaren globalen Erwärmung führt;
 4. auf einer *unterliegenden Physik*.

In diesem Film werden alle vier Pfeiler demontiert und bringen das Denkgebäude zum Einsturz. Der Sprecher stellt fest:

„In einer jüngst erschienen Arbeit über die Effekte von Kohlendioxid zieht Professor Ellsaesser von den Lawrence Livermore Laboratories, einer renommierten US-Forschungseinrichtung in Kalifornien, fest, dass eine Verdopplung der Kohlendioxid-Konzentration einen geringen bis keinen Effekt auf die Temperatur der Erdoberfläche hat, und wenn doch, dann würde es eher die Oberfläche kühlen.

Der Leser sei auf die Originalarbeit von Ellsaesser verwiesen [118].

- Zwei Bücher des populären deutschen Meteorologen, promovierten Soziologen und ehemaligen ZDF-Wettermoderators Wolfgang Thüne mit dem Titel *Der Treibhauswindel* (1998) [119] and *Freispruch für CO₂* (2002) [120] versuchten zu zeigen, dass die Hypothese vom CO₂-Treibhauseffekt purer Unsinn ist.
- Ein Buch von Heinz Hug unter dem Namen *Die Angsttrompeter* (2002) beleuchtete die Geschichte und den Hintergrund des aktuellen Treibhaus-Business [121].
- Ein weiterer Film wurde kürzlich auf Channel 4 (UK) gezeigt. Er trägt den Titel „The great global warming swindle“ (Der große Schwindel über die globale Erwärmung“). Er unterstützt die These, dass die behauptete angeblich von CO₂ verursachte anthropogene globale Erwärmung keine wissenschaftliche Basis hat [122].
- In seiner Arbeit „CO₂: The Greatest Scientific Scandal of Our Time“ (CO₂: Der größte wissenschaftliche Skandal unserer Zeit) legte der herausragende multidisziplinäre Wissenschaftler Dr. Dr. Dr. Jaworowski aus seiner Sicht als Atmosphärenwissenschaftler fundierte Schlussfolgerungen vor [12].

Auf der anderen Seite behauptete der wissenschaftliche Berater der britischen Regierung, Sir David King, dass „die globale Erwärmung für die Menschheit eine größere Bedrohung als der Terrorismus darstelle“¹³. Andere Individuen stecken Kritiker des Konzepts der anthropogenen globalen Erwärmung in die gleiche Kategorie wie die Leugner des Holocausts. In unzähligen Beiträgen zu Zeitungen oder Fernsehsendungen in Deutschland warnt der bekannte Klimatologe Mojib Latif¹⁴ die Öffentlichkeit vor den Konsequenzen der steigenden menschengemachten Treibhausgas-Emissionen [123]. Aber bis heute ist es *unmöglich*, ein Buch über Thermodynamik des Nichtgleichgewichts oder eine Buch über Strahlungstransport zu finden, wo dieser Effekt aus ersten Prinzipien hergeleitet ist.

Das Hauptziel dieser Arbeit ist nicht, die Linie zwischen Irrtum und Betrug zu ziehen, sondern herauszufinden, wo der Treibhauseffekt im Rahmen der Physik erscheint oder *verschwindet*. Daher werden in Abschnitt 3.3 mehrere verschiedene Variationen von Hypothesen für einen atmosphärisches Treibhaus analysiert und widerlegt. Die Autoren beschränken sich auf Aussagen, die erst *nach* einer Publikation von Lee im bekannten *Journal of Applied Meteorology* 1973 erschienen sind, siehe Ref. [109] und weitere Verweise dort.

Diese Arbeit von Lee von 1973 ist ein Meilenstein. Am Anfang schreibt Lee:

„Der sogenannte Strahlungs-„Treibhaus“-Effekt ist eine Fehlbenennung. Während das Konzept ironischerweise nützlich ist, wenn wir beschreiben wollen, was in der Atmosphäre der Erde passiert, so ist es ungütig für die Kryptoklimaten (verborgenen Klimaten), die erzeugt werden, wenn man einen Raum durch Glas einschließt, zum Beispiel Treibhäuser und Sonnenenergie-Kollektoren. Erhöhte Temperaturen unter Glas können aber nicht auf die spektrale Absorptionsvermögen von Glas zurückgeführt werden.

Dieses Missverständnis wurde experimentell von R. W. Wood vor mehr als 60 Jahren ausgeräumt (Wood, 1909) [112] und kürzlich noch einmal von Businger (1963) eingehend analysiert [124]. Fleagle and Businger (1963) widmeten einen Abschnitt ihrer Arbeit diesem Punkt [125] und legten nahe, dass der Einfang der Strahlung durch die Atmosphäre der Erde besser „Atmosphäreneffekt“ genannt werden sollte, um die ständige Fehlbenennung zu verhindern. Munn (1966) hob abermals hervor [126], dass die Analogie zwischen dem „Atmosphären“-Effekt und „Treibhaus“-Effekt „nicht korrekt ist, weil ein wesentlicher Faktor im Treibhausklima der Schutz des Glases vor turbulenten Wärmeverlusten ist“. In einem Beispiel beobachtet Lee (1966) dass der Netto-Fluss von Strahlungsenergie in einer „6-mil polyvinyl“-Kammer („mil“ steht für 0.001 inch, also 6 mil $\approx$ 0.15 mm) auf weni-

¹³vergleiche Singers Resümee auf der Konferenz in Stockholm im Jahre 2006 [1].

¹⁴Es ist lange her, als einer der Autoren (R.D.T.) in seiner Rolle als Praktikumsassistent den Meteorologie-Studenten Mojib Latif im Physikpraktikum betreute, und ihn in die Methode der Experimentalphysik einführte (Messen, Auswerten, gewissenhafte Diskussion der Fehler ...).

ger als 10 % vermindert wurde [127].

Trotz dieser klaren Evidenz wiederholen moderne Lehrbücher über Meteorologie und Klimatologie nicht nur diese irreführende Fehlbenennung, sondern unterstützen auch die falsche Vorstellung, dass „das die Wärme zurückhaltende Verhalten der Atmosphäre in Analogie zu dem steht, was in dem Treibhaus passiert“ (Miller, 1966) [128], oder dass „die Funktion der Treibhausgase darin besteht, die Funktion einer Strahlungsfalle zu erfüllen“ (Peterssen, 1958) [129] (siehe auch Sellers, 1965, Chang, 1968, und Cole, 1970) [130–132]. Der Fehler ist oft subjektiv, gründet auf angeblichen Ähnlichkeiten von Atmosphäre und Glas und wird motiviert mit der Liebe *zur Schönheit des Beispiels* im Hinblick auf die Lehre. Das Problem kann berichtigt werden, durch eine einfache Analyse, die auch für die Schule geeignet ist.“

Lee setzt seine Analyse fort, indem er auf Basis der Strahlungsbilanzgleichungen eine Rechnung durchführt. Die Gültigkeit der ersteren ist allerdings äußerst fragwürdig. Das Gleiche gilt für einen Kommentar von Berry [110] über die Arbeit von Lee. Trotzdem ist die Arbeit von Lee ein Meilenstein, der *den Tag* markiert, *nach dem* jeder seriöse Wissenschaftler, Dozent, Lehrer nicht mehr das Treibhaus mit der Atmosphäre vergleichen sollte.

Diese Analogie gehört auch **nicht** in den Schulunterricht, auf den sich Lees Arbeit ausdrücklich bezieht!

3.3 Unterschiedliche Versionen der Vermutungen vom atmosphärischen Treibhaus

3.3.1 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Möller (1973)

In seinem populären Lehrbuch über Meteorologie schreibt Möller [89, 90]:

„In einem wirklichen Glashaus (nicht künstlich geheizt, also kein Treibhaus) ist die Abdeckung durch Glas für solare Strahlung durchlässig, für terrestrische Strahlung nicht durchlässig. Der Wärmeausgleich muss also durch die Wärmeleitung innerhalb des Glases erfolgen, wozu ein Temperaturgefälle nötig ist. Dann kann die Wärmeabgabe durch Abstrahlung der kühleren Außenfläche des Glases erfolgen. In der Atmosphäre übernehmen nach den vorstehenden Betrachtungen der Wasserdampf und die Wolken die Rolle des Glases.“

Widerlegung: Die Existenz eines Treibhauseffekts wird als notwendiges Kriterium für Wärmeleitung betrachtet. Dies ist physikalischer Unsinn. Außerdem wird behauptet, dass die spektrale Durchlässigkeit eines Mediums dessen Wärmeleitfähigkeit direkt bestimmt. Dies ist ebenfalls physikalischer Unsinn.

3.3.2 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Meyer's Enzyklopädischem Lexikon (1974)

In der Ausgabe des Meyer's Enzyklopädischem Lexikon von 1974 findet man unter „Glashauseffekt“ [133]:

„Bezeichnung für den Einfluss der Erdatmosphäre auf den Strahlungs- und Wärmehaushalt der Erde, der der Wirkung eines Gewächshausglasdaches ähnelt: Wasserdampf und Kohlendioxid in der Atmosphäre lassen die kurzwellige Sonnenstrahlung mit relativ geringer Abschwächung zu Erdoberfläche gelangen, absorbieren bzw. reflektieren jedoch den von der Erdoberfläche ausgehenden langwelligen Wärmestrahlungsanteil (atmosphärische Gegenstrahlung ...).“

Widerlegung: Erstens liegt der wesentliche Teil der Sonnenstrahlung außerhalb des sichtbaren Lichts. Zweitens wird hier Reflektion mit Emission durcheinander gebracht. Drittens beruht das Konzept der atmosphärischen Rückstrahlung auf einer unzulässigen Anwendung der Formeln der Hohlraumstrahlung. Dies wird diskutiert in Abschnitt 3.5

3.3.3 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Schönwiese und Diekmann (1987)

Der prominente Klimatologe Schönwiese und sein Co-Autor Diekmann behaupten [111]:

„Um das zu verstehen, verwenden wir zunächst das Bild einer Glasscheibe, die wir zwischen Sonne und Erdoberfläche halten ... Diese Glasscheibe lässt die Sonneneinstrahlung weitgehend ungehindert zur Erdoberfläche hindurch, absorbiert aber einen Teil der Wärmeausstrahlung der Erde. Das Glas emittiert entsprechend seiner Temperatur Wärme in beide Richtungen zur Erdoberfläche und zum interplanetarischen Raum. Dadurch wird die Strahlungsbilanz an der Erdoberfläche erhöht, die von der Glasscheibe hinzukommende Energie wird an der Erdoberfläche fast vollständig absorbiert, und es kommt zu einer Erwärmung der Erdoberfläche. Diese Erwärmung hält so lange an, bis sich auf einem höheren Temperaturniveau der Erdoberfläche ein neues Strahlungsgleichgewicht eingestellt hat.“

Widerlegung: Dass die Glasscheiben das Sonnenlicht ungehindert passieren lassen, ist einfach falsch. Natürlich geht auch eine gewisse Menge Strahlung seitwärts. Wie schon experimentell in Abschnitt 2.4 gezeigt, sind die Fensterscheiben relativ kalt. Dies ist nur eine von vielen Gründen, dass die Glas-Analogie unbrauchbar ist. Daher ist diese Aussage - wissenschaftlich gesehen - inhaltsleer.

3.3.4 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Stichel (1995)

Stichel, ehemaliger stellvertretender Vorsitzender des Arbeitskreises Energie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG), behauptete [134]:

„Es ist inzwischen anerkanntes Lehrbuchwissen, dass langwellige Infrarotstrahlung, emittiert von der erwärmten Erdoberfläche, teilweise von CO₂ und anderen Spurengasen in der Atmosphäre absorbiert und re-emittiert wird. Dieser Effekt führt zu einer Erwärmung der unteren Atmosphäre und aus Gründen des Gesamtstrahlungshaushaltes gleichzeitig zu einer Abkühlung der Stratosphäre.“

Widerlegung: Dies wäre ein *Perpetuum mobile der zweiten Art*. Eine detaillierte Diskussion ist gegeben in Abschnitt 3.9. Außerdem gibt es keinen Gesamtstrahlungshaushalt, weil es keine individuellen Erhaltungssätze für die unterschiedlichen Formen von Energie gibt, die hier eine Rolle spielen. Die fraglichen (infraroten) Strahlungsenergien sind vernachlässigbar - verglichen mit den relevanten geophysikalischen und astrophysikalischen Energien. Schließlich hängt die Strahlung von der Temperatur ab und nicht umgekehrt.

3.3.5 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Anonymous 1 (1995)

„Das Kohlendioxid in der Atmosphäre lässt die Strahlung der Sonne, deren Maximum im sichtbaren Licht liegt, vollständig durch, während es andererseits einen Teil der von der Erde in den Weltraum ausgestrahlten Wärme wegen ihrer größeren Wellenlänge absorbiert. Dies führt zu höheren bodennahen Lufttemperaturen.

Widerlegung: Die erste Aussage ist falsch, weil offensichtlich ein nicht vernachlässigbarer infraroter Anteil der einkommenden Sonnenstrahlung absorbiert wird (vergleiche Abschnitt 2.2). Die zweite Aussage ist falsifiziert durch ein Beispiel, welches jede Hausfrau kennt: Der Wassertopf auf dem Herd. Ohne eingefülltes Wasser wird der Boden des Topfes nach einer Weile rotglühend. Nun ist Wasser ein exzellenter Absorber für infrarote Strahlung. Wenn man also Wasser in den Topf füllt, wird der Boden des Topfes nicht etwa noch heißer, sondern erheblich kälter, so dass die Glut völlig verschwindet. Ein anderes Beispiel wäre der Ersatz des Vakuums bzw. Gases zwischen zwei Fensterscheiben durch Glas. Glas absorbiert die Infrarotstrahlung sehr gut, aber schließt die Wärmeisolation des Isolierfensters sozusagen kurz und macht sie damit wirkungslos.

3.3.6 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Anonymous 2 (1995)

„Wenn man in der Atmosphäre den Anteil von Kohlendioxid, der das Infrarotlicht absorbiert und der das sichtbare Licht weitgehend ungehindert durchlässt, erhöht, ist der durch die Sonnenstrahlung aufgeheizte Boden bzw. die bodennahe Luft wärmer, weil durch das Kohlendioxid die Abkühlung verlangsamt wird.“

Widerlegung: Es ist bereits in Abschnitt 1.1 gezeigt worden, dass die Wärmeleitfähigkeit sich nur noch marginal ändert, wenn man die CO₂-Konzentration der Atmosphäre der Erde verdoppelt.

3.3.7 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Anonymous 3 (1995)

„Wenn man in der Atmosphäre ein Gas hinzufügt, wodurch von der Atmosphäre Teile der Bodenstrahlung absorbiert werden, sind die Bodentemperaturen und bodennahen Lufttemperaturen größer.“

Widerlegung: Das Gegenbeispiel ist wieder der Wassertopf auf dem Herd, siehe Abschnitt 3.3.5.

3.3.8 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Deutsche Meteorologische Gesellschaft (1995)

In ihrer Stellungnahme von 1995 (hier die leicht korrigierte Version von 1999), lässt die Deutsche Meteorologische Gesellschaft (DMG) verlauten [135]:

„Als Ausgangspunkt wird zunächst der Strahlungshaushalt der Erde ohne Atmosphäre beschrieben. In diesem Fall wird die auf die Erdoberfläche ungeschwächt einfallende Sonnenstrahlung teilweise absorbiert und teilweise reflektiert. Der absorbierte Anteil wird in Wärme umgewandelt und muss im Gleichgewichtszustand im infraroten Spektralbereich wieder abgestrahlt werden. Unter diesen Umständen ergibt sich aus einfachen Modellrechnungen an der Erdoberfläche eine mittlere Temperatur von etwa $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ Bei Hinzunahme der Atmosphäre wird die an der Erdoberfläche einfallende solare Strahlung nur wenig geschwächt, da die Atmosphäre im sichtbaren Spektralbereich weitgehend durchlässig ist. Im infraroten Spektralbereich dagegen wird die vom Boden emittierte Strahlung nun zu einem großen Teil von der Atmosphäre (insbesondere von Gasen wie H₂O, CO₂, O₃) absorbiert und von dieser - allerdings entsprechend ihrer Temperatur - wieder in alle Richtungen abgestrahlt. Nur in sogenannten Fensterbereichen (insbesondere im großen atmosphärischen Fenster im Wellenlängenbereich von 8 bis 13 μm) kann die Infrarotstrahlung vom Boden teilweise direkt in den Weltraum entweichen. Die von der Atmosphäre nach unten emittierte Infrarotstrahlung (die sogenannte Gegenstrahlung) erhöht die Energiezufuhr der Erdoberfläche. Ein Gleichgewichtszustand kann sich nur einstellen, wenn die Bodentemperatur sich erhöht und damit durch das Plancksche Gesetz eine erhöhte Abstrahlung möglich wird. Dieser unbestrittene natürliche Treibhauseffekt führt zu einer mittleren Erdoberflächentemperatur von $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Widerlegung: Das Konzept des Strahlungshaushalts ist physikalisch falsch. Die Durchschnittstemperatur ist in einer falschen Weise berechnet. Außerdem wird ein nicht-vernachlässigbarer Anteil der Sonnenstrahlung durch die Atmosphäre absorbiert. Wärme darf nicht mit Wärmestrahlung verwechselt werden. Die Annahme, dass die von der Atmosphäre nach unten emittierte Infrarotstrahlung (die sogenannte Gegenstrahlung) die Energiezufuhr der Erdoberfläche erhöht, ist unphysikalisch. Der beschriebene Mechanismus der Wiederherstellung des Gleichgewichtszustand hat ebenso keine physikalische Basis. Die Gesetze der Hohlraumstrahlung gelten nicht für Gase und Flüssigkeiten.

3.3.9 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Graßl (1996)

Professor Hartmut Graßl, von 1994–1999 Direktor des Weltklimaforschungsprogramms (WCRP) bei der World Meteorological Organization (WMO) in Genf, erlaubte sich die folgende Aussage [136]:

„Sofern die Gashölle das Vordringen von Sonnenenergie zur Planetenoberfläche weniger behindert als die direkte Abstrahlung der Wärme von der Oberfläche in den Weltraum, müssen die Oberfläche und die untere Atmosphäre, um wieder im Mittel genau so viel Energie abzustrahlen, wie von der Sonne aufgenommen wurde, wärmer werden als ohne diese Atmosphäre.“

Widerlegung: Diese Aussage ist leer, sogar im wörtlichen Sinne. Man kann nämlich nicht die Temperatur der bodennahen Atmosphäre mit der Situation vergleichen, in der die Atmosphäre gar nicht vorhanden ist. Außerdem, wie schon gezeigt in Abschnitt 2.2, ist der Anteil der von der Sonne ankommenden Infrarotstrahlung größer als der Anteil des von der Sonne ankommenden sichtbaren Lichts. Grob gesprochen, haben wir eine 50-zu-50-Situation. Die Erwärmung von unten wäre dann in diesem Bilde vergleichbar mit der Erwärmung von oben. Auch in der übervereinfachten Logik eines Graßl hätten wir einen verschwindenden Temperaturgradienten und somit einen Null-Effekt.

3.3.10 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Ahrens (2001)

In seinem Lehrbuch „Essentials in Meteorology: An Invitation to the Atmosphere“ behauptet der Autor Ahrens [137]:

„Früher dachte man, dass die Absorptionseigenschaften von Wasserdampf, CO₂ und anderen Gasen wie Methan und Stickoxiden ... dem Glas eines Gärtner-Treibhauses ähnlich seien. In einem Treibhaus erlaubt das Glas, der sichtbaren Strahlung ins Innere zu gelangen, aber es hemmt zu einem gewissen Grade den Durchgang ausgehender Infrarot-Strahlung. Aus diesem Grund wurde das Verhalten von Wasserdampf und CO₂ in der Atmosphäre populär „Treibhauseffekt“ genannt. Jedoch zeigten Studien, dass die warme Luft innerhalb des Treibhauses eher durch das Unvermögen der Luft, zu zirkulieren und sich mit der Außenluft zu mischen, verursacht wird. Aufgrund dieser Erkenntnisse bestehen Wissenschaftler darauf, dass der Treibhauseffekt besser „Atmosphärenereffekt“ genannt werden sollte. Um es möglichst allen Recht zu machen, werden wir den Begriff „atmosphärischen Treibhauseffekt“ verwenden, wenn wir die Rolle, die Wasserdampf und CO₂ spielen, um die mittlere Oberflächentemperatur der Erde höher zu halten, als es andernfalls der Fall wäre, beschreiben wollen.“

Widerlegung: Das Konzept der mittleren Oberflächentemperatur der Erde ist schlecht definiert. Deshalb ist auch das Konzept der Erhöhung der mittleren Oberflächentemperatur der Erde schlecht definiert.

3.3.11 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Dictionary of Geophysics, Astrophysics, and Astronomy (2001)

Das Dictionary of Geophysics, Astrophysics, and Astronomy schreibt:

„Treibhauseffekt: Die gesteigerte Erwärmung der Oberflächentemperatur eines Planeten, verursacht durch den Einfang von Wärme in der Atmosphäre durch bestimmte Arten von Gasen (genannt Treibhausgase; hauptsächlich Kohlendioxid, Wasserdampf, Methan und Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW)). Sichtbares Sonnenlicht geht zum größten Teil durch die Atmosphäre und wird von der Oberfläche des Bodens absorbiert. Die Oberfläche strahlt dann diese Energie als langwellige Infrarot-Strahlung (Wärme) zurück. Wenn irgendeines der Treibhausgase in der Troposphäre des Körpers präsent ist, dann ist die Atmosphäre transparent gegenüber sichtbarem Licht, aber trübe gegenüber dem Infrarot, und die Infrarot-Strahlung wird nahe der Oberfläche eingefangen und bewirken, dass die Temperatur in Bodennähe wärmer ist, als es sie von solarer Heizung allein wäre.“

Widerlegung: Infrarot-Strahlung ist mit Wärme durcheinander gebracht. Es ist nicht erklärt, was mit „die Infrarot-Strahlung wird nahe der Oberfläche eingefangen“ gemeint sein könnte. Ist es ein MASER, ist es „Superisolation“, das heißt verschwindende Wärmeleitfähigkeit, oder ist es einfache Thermalisierung (Umwandlung von absorbierter Strahlung in Wärme)?

3.3.12 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Encyclopaedia of Astronomy and Astrophysics (2001)

Die Encyclopaedia of Astronomy and Astrophysics definiert den Treibhauseffekt wie folgt [139]:

„Der Treibhauseffekt ist der von der Atmosphäre eines Planeten ausgeübte Strahlungseinfluss, der bewirkt, dass die Temperatur auf der Oberfläche über den Wert steigt, den er normalerweise erreichen würde, wenn er in direktem Gleichgewicht mit dem Sonnenlicht stünde - unter Berücksichtigung der planetaren Albedo (Weißheit). Dieser Effekt ergibt sich aus der Tatsache, dass gewisse atmosphärische Gase die Fähigkeit besitzen, den größten Anteil der Sonnenstrahlung durchzulassen, aber die Infrarotstrahlung der Oberfläche zu absorbieren. Die thermische (d.h. infrarote) Strahlung - von der Atmosphäre abgefangen - wird dann teilweise zum

Boden zurückgestrahlt. Obwohl die Analogie im Hinblick auf die beteiligten Prozesse nicht ganz befriedigend ist, kann man leicht die Parallelen zwischen dem Treibhauseffekt im Atmosphäre-Erdoberfläche-System und dem Gärtnertreibhaus sehen: Die planetare Atmosphäre spielt die Rolle der Glasabdeckung, die den Sonnenschein durchlässt, um den Boden zu heizen und gleichzeitig die vom Boden austretende Wärme zurückhält. Die Analogie geht sogar noch weiter, indem sie die Funktion von solchen Fenstern (*opacity windows*) übernehmen kann ... , die es erlauben, in einem heimischen Treibhaus die Temperatur zu regeln.“

Widerlegung: Das Konzept des „direkten Gleichgewichts mit dem Sonnenlicht“ ist physikalisch falsch, wie im Detail in Abschnitt 3.7 gezeigt wird. Selbst die Beschreibung der Physik des Gärtnertreibhauses ist hier falsch. Die Analogie stinkt.

3.3.13 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Encyclopaedia Britannica Online (2007)

Encyclopaedia Britannica Online erklärt den Treibhauseffekt in der folgenden Weise [140]:

„Die Atmosphäre lässt den größten Anteil des Sonnenlichtes bis zur Erdoberfläche durch. Indem die Erdoberfläche durch das Sonnenlicht erwärmt wird, strahlt sie einen Teil dieser Energie als infrarote Strahlung in den Raum zurück. Im Unterschied zu sichtbarem Licht tendiert diese Strahlung dazu, von den Treibhausgasen in der Atmosphäre absorbiert zu werden, und erhöht damit deren Temperatur. Die aufgeheizte Atmosphäre wiederum strahlt infrarote Strahlung auf die Erdoberfläche. Trotz seines Namens unterscheidet sich der Treibhauseffekt von der Erwärmung in einem Treibhaus, wo die Glasscheiben sichtbares Sonnenlicht durchlassen, aber die Wärme im Gebäude halten, indem sie die eingesperrte erwärmte Luft gefangen halten. Ohne die Erwärmung durch den Treibhauseffekt betrüge die Durchschnittstemperatur der Erdoberfläche nur etwa -18°C (0°F).“

Widerlegung: Das Konzept der Durchschnittstemperatur der Erdoberfläche ist mathematisch und physikalisch schlecht definiert und daher nutzlos. Dies wird gezeigt in Abschnitt 3.7.

3.3.14 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Rahmstorf (2007)

Der anerkannte deutsche Klimatologe Rahmstorf behauptet (aktuelle Formulierung von 2015): [141]:

„Vor allem Wasserdampf und CO_2 -Moleküle absorbieren einen Teil der von der Erde abgegebenen Strahlung, und strahlen dann selber die Energie wieder in alle Richtungen ab. Ein Teil der Strahlungsenergie kommt damit wieder auf die Erde

zurück. ... An der Erdoberfläche gilt eine etwas andere Energiebilanz - zur Sonnenstrahlung kommt der Anteil der langwelligen Strahlung noch dazu, der von den Molekülen weiter oben teilweise auch nach unten gestrahlt wird. Daher kommt unten mehr Strahlung an, und zum Ausgleich muss die Oberfläche mehr Energie abgeben, also wärmer sein (+15 °C), um auch dort unten wieder ein Gleichgewicht zu erreichen. Ein Teil dieser Wärme wird von der Oberfläche auch durch atmosphärische Konvektion nach oben abgeleitet. Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt wäre die Erde lebensfeindlich und völlig vereist ... Diese Störung der Strahlungsbilanz muss zu einer Erwärmung der Erdoberfläche führen, wie sie ja auch tatsächlich beobachtet wird.“

Widerlegung: Reflektion und Emission werden miteinander vermengt. Das Konzept der Strahlungsbilanz ist fehlerhaft. Dies wird erklärt in Abschnitt 3.7.

3.3.15 Schlussfolgerung

Es ist interessant, zu beobachten,

- dass bis heute der „atmosphärische Treibhauseffekt“ nicht erscheint
 - in irgendeinem fundamentalen Werk über Thermodynamik,
 - in irgendeinem fundamentalen Werk der physikalischen Kinetik,
 - in irgendeinem fundamentalen Werk über Strahlungstheorie;
- dass die Definitionen, die in der Literatur jenseits einer aufrichtigen Physik gegeben werden, sehr unterschiedlich sind und sich teilweise untereinander **widersprechen**.

3.4 Die Schlussfolgerung des US Department of Energy

Alle fiktiven Treibhauseffekte haben eines gemeinsam, nämlich dass es eine *und nur eine* Ursache für sie gibt: Eine mögliche Erhöhung in der Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre soll zu höheren bodennahen Lufttemperaturen führen. Aus Gründen der Bequemlichkeit nennen wir im Kontext dieser Arbeit einen solchen Mechanismus „atmosphärischen CO₂-Treibhauseffekt“.¹⁵

Das Ergebnis von Lee aus dem Jahre 1973 zeigt [109], dass das Erwärmungsphänomen in einem Glashaus nichts mit dem vermuteten atmosphärischen Treibhauseffekt zu tun hat. Es wurde bestätigt im Bericht des United States Department of Energy aus dem Jahre 1985, erschienen unter dem Titel „Projecting the climatic effects of increasing carbon dioxide“ [91]. In dieser umfassenden Publikation vor Gründung des IPCC im Jahre 1988 stellt MacCracken

¹⁵Diese Namensgebung verallgemeinert sich in natürlicher Weise auf andere Spurengase.

ausdrücklich fest, dass die Bezeichnungen „greenhouse gas“ (Treibhausgas) und „greenhouse effect“ (Treibhauseffekt) Fehlbenennungen sind [91,142]. Eine Kopie des letzten Paragraphen des entsprechenden Abschnitts auf Seite 28 ist gezeigt in Abbildung 15.

Both of these perspectives describe the process by which increases in the atmospheric abundance of *greenhouse gases* lead to warming at the Earth's surface. The term *greenhouse gases* refers to gases that are highly transparent to solar radiation but are relatively opaque to longwave radiation, similar to glass in a greenhouse. The process by which warming occurs in a greenhouse is different from that described above. In this regard the terms *greenhouse gas* and *greenhouse effect* are misnomers.

Abbildung 15: Ein Auszug aus Seite 28 des DOE-Reports (1985).

Das Folgende sollte hervorgehoben werden:

- Das Erwärmungsphänomen im Glasshaus und der vermutete atmosphärische Treibhauseffekt haben die gleichen Teilnehmer, aber im letzten Fall ist die Situation umgekehrt.
- Methodisch gesehen, gibt es eine große Differenz: Für den physikalischen Treibhauseffekt (im Auto oder Gärtnertriebhaus) kann man Messungen machen und auf die Unterschiede in den Anzeigen der Instrumente achten. Man kann den Effekt ohne eine wissenschaftliche Erklärung und ohne irgendein Vorurteil beobachten.

Im Falle des atmosphärischen Treibhauseffekts kann man überhaupt nichts beobachten. Man kann nur die eine Rechnung mit der anderen vergleichen: Früher äußerst einfache Berechnungen, die mehr und mehr intransparent werden. Heutzutage werden Computer-Simulationen benutzt, die beinahe niemand reproduzieren kann

3.5 Absorption/Emission ist nicht Reflektion

3.5.1 Eine unbequeme Popularisierung von Physik

Abbildung 16 zeigt ein Screenshot aus dem kontroversen preisgekrönten „Dokumentarfilm“ über den „Klimawandel“, speziell über die „globale Erwärmung“ (Hauptrolle: Al Gore, der frühere US-Vize-Präsident, Regie: Davis Guggenheim) [144,145]. Der Film wurde unterstützt von Managern und Politikern rund um die Welt und wurde gezeigt in Schulen und Open-Air-Events. Lewis schrieb eine interessante Arbeit unter dem Titel „A Skeptic's Guide to An Inconvenient Truth“, die das Machwerk von Gore im Detail bewertet [146].

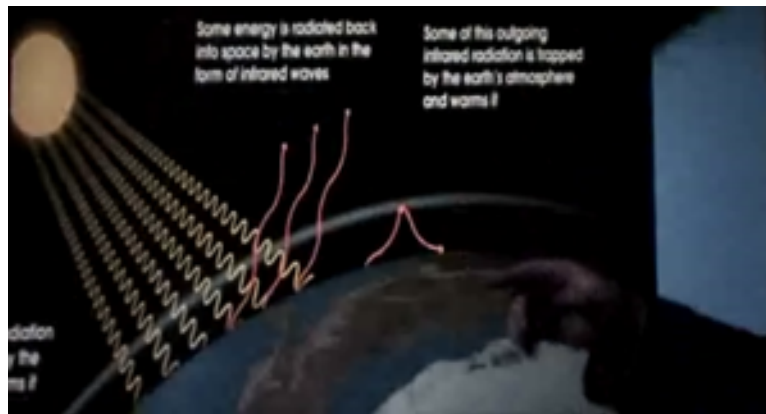


Abbildung 16: Ein sehr populärer physikalischer Fehler, dargestellt im Film „An Inconvenient truth“ (Eine unbequeme Wahrheit) von Davis Guggenheim mit Al Gore (2006).

Aus der Sicht eines ausgebildeten Physikers ist Gores Film ziemlich grotesk, weil er entsetzlich falsch ist. Jeder lizenzierte Funkamateurl¹⁶ erkennt sofort, dass das, was in Figure 16 dargestellt ist, nur richtig sein könnte

- wenn die hier graphisch dargestellte Strahlung langwellige oder kurzwellige Radiowellen wären;
- wenn die hier dargestellte reflektierende Sphäre eine bestimmte Schicht der Ionosphäre wäre [147].

Kurzwellen (zum Beispiel im 20 m/14 MHz-Band) werden reflektiert an der F-Schicht der Ionosphäre, 120 - 400 km oberhalb der Erdoberfläche, was transatlantische QSOs (Funkverbindungen) möglich macht. Die Ausbreitungsbedingungen hängen stark von der Sonnenaktivität ab, zum Beispiel vom Sonnenfleckenzyklus, wie jeder lizenzierte Funkamateur (Old Man, OM) sehr gut weiß. Die Reflektionseigenschaften der Ionosphäre werden schlechter oberhalb 30 MHz. In den Ultrakurzwellen-Bändern (Very High Frequency, VHF) zum Beispiel im 2 m/144 MHz Band, beobachtet man sogenannte Sporadic-E-Wolken, 90 - 120 km oberhalb der Erdoberfläche, die immerhin noch QSOs zum Beispiel von Deutschland nach Italien erlauben. Auf der anderen Seite des Spektrums, bei extrem niedrigen Frequenzen (Extremely Low Frequencies, ELF), mit dem Frequenzbereich 3 - 30 Hz, verhält sich die Erde wie ein Hohlraumresonator, und man beobachtet die sogenannten Schumann-Resonanzen [148]. Diese können benutzt werden, um die obere Schranke für die Photon-Masse abzuschätzen,¹⁷ und sie erscheinen überraschenderweise in der Diskussion über den Klimawandel [149]. Das Radiosignal von Al Gores Mobiltelefon (im Zentimeter-Bereich) kann sich aber nicht weltweit ausbreiten,

¹⁶ Rufzeichen von R.D.T.: DK8HH

¹⁷ Als Assistent für die Übungen zur Experimentalphysik an der Universität Hamburg bzw. dem DESY lernte R.D.T. dies von Professor Herwig Schopper.

so wie es Bluetooth, Radar, Mikrowellen oder Infrarotstrahlung (das heißt elektromagnetische Wellen im Sub-Millimeter-Bereich) auch nicht könnten.

Ionosphärisches Radar arbeitet typischerweise im 6 m-Band, das heißt bei 50 MHz. Meteorologische Radars arbeiten im 0.1 - 20 cm-Bereich (speziell von 90 GHz bis 1.5 GHz), die Radars im 3 - 10 cm-Bereich (von 10 GHz bis 3 GHz) werden benutzt für die Beobachtung von Stürmen und die Wetter-Beobachtung [150]. Es ist offensichtlich, dass Al Gore die Ionosphäre mit der Tropopause verwechselt, die Region, die als Grenzschicht zwischen Troposphäre und Stratosphäre zu verstehen ist. Die Tropopause liegt bei den Polen in 6 km Höhe und am Äquator in 17 km Höhe oberhalb der Erdoberfläche.¹⁸ Außerdem bringt Al Gore *Absorption/Emission* mit *Reflektion* durcheinander. Dies wird auch in vielen klimatologischen Arbeiten implizit oder explizit so getan, oft indem die vage definierten Begriffe „Re-Emission“, „Re-Radiation“ und „Rückstrahlung“ verwendet werden.

3.5.2 Reflektion

Wenn sich elektromagnetische Wellen von einem Medium mit gegebenem Brechungsindex n_1 in ein zweites Medium mit gegebenem Brechungsindex n_2 ausbreiten, dann kann sowohl Reflektion (Rückwurf) als auch Refraktion (Brechung) der Wellen auftreten [151]. In dem Fall, in dem der Sprung des Brechungsindex innerhalb einer Länge von der Größenordnung einer Wellenlänge stattfindet, tritt Reflektion auf. Der Bruchteil der Intensität der einfallenden elektromagnetischen Welle, der von der Grenzschicht reflektiert wird, ist gegeben durch den Reflektionskoeffizient R , der Bruchteil der Intensität der einfallenden elektromagnetischen Welle, der von der Grenzschicht gebrochen wird, ist gegeben durch den Transmissionskoeffizient T . Die Fresnel-Gleichungen, die auf der Annahme basieren, dass beide Materialien dielektrisch sind, können benutzt werden, um den Reflektionskoeffizient R und den Transmissionskoeffizient T für eine gegebene Situation zu berechnen.

Im Falle eines normalen Einfalls ist die Formel für den Reflektionskoeffizienten gegeben durch

$$R = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 \quad (44)$$

Im Falle starker Absorption (hohe elektrischer Leitfähigkeit σ) könne einfache Formeln für größere Einfallswinkel γ angegeben werden (Beersche Formeln):

$$R_s = \frac{(n_2 - n_1 \cos \gamma)^2 + n_2^2 \sigma^2}{(n_2 + n_1 \cos \gamma)^2 + n_2^2 \sigma^2} \quad (45)$$

und

$$R_p = \frac{(n_1 - n_2 \cos \gamma)^2 + n_2^2 \sigma^2 \cos^2 \gamma}{(n_1 + n_2 \cos \gamma)^2 + n_2^2 \sigma^2 \cos^2 \gamma} \quad (46)$$

¹⁸Einige Klimatologen behaupten, dass es eine CO₂-Schicht in der Tropopause gibt, welche die vom Boden abgestrahlte Infrarot-Strahlung einfängt und reflektiert.

Wenn der Sprung des Brechungsindex innerhalb einer Länge von der Größenordnung einer Wellenlänge stattfindet, tritt Reflexion auf, welche im Falle hoher Absorption bedeutend ist. Für dielektrische Medien hingegen, deren elektrische Leitfähigkeit null ist, kann man nicht die Beerschen Formeln verwenden. Dies war das Problem in Maxwells Theorie über das Licht.

3.5.3 Absorption und Emission

Wenn eine Fläche mit dem Strahlungsfeld im thermodynamischen Gleichgewicht ist, dann ist die Intensität E_ν (bzw. E_λ) für die Strahlung pro Einheitsraumwinkel und Einheitsfrequenz (bzw. Einheitswellenlänge) gleich dem Absorptionsgrad A_ν (bzw. A_λ) multipliziert mit einer universellen Frequenzfunktion $B_\nu(T)$ (bzw. einer Wellenlängenfunktion $B_\lambda(T)$), die von der absoluten Temperatur T abhängt:

$$E_\nu = A_\nu \cdot B_\nu(T) \quad (47)$$

$$E_\lambda = A_\lambda \cdot B_\lambda(T) \quad (48)$$

Dies ist ein Theorem von *Kirchhoff*. Die Funktion $B_\nu(T)$ (bzw. $B_\lambda(T)$) wird *Kirchhoff-Planck-Funktion* genannt. Sie wurde schon betrachtet in Abschnitt 2.1.4.

Der *Reflektionsgrad* ist gegeben durch

$$R_\nu = 1 - A_\nu \quad (49)$$

$$R_\lambda = 1 - A_\lambda \quad (50)$$

und liegt zwischen 0 und 1, genau wie der *Absorptionsgrad* A_ν . Wenn für einen Körper $R = 0$ und $A = 1$, so nennt man diesen *einen ideal schwarzen Körper*. Das Emissionsvermögen ist für einen ideal schwarzen Körper am höchsten. Der Vorschlag, einen ideal schwarzen Körper zu realisieren, indem man eine Cavity (Hohlraumresonator) mit einem kleinen strahlenden Loch verwendet, wurde schon von Kirchhoff gemacht und ist in Abbildung 17 dargestellt. Aus diesem Grunde wird die Strahlung eines ideal schwarzen Körpers mit $A_\nu = 1$ (bzw.



Abbildung 17: Eine Cavity, die einen ideal schwarzen Körper realisiert.

$A_\lambda = 1$) *Hohlraumstrahlung* genannt. Die abgestrahlte Energie kommt von seinen Wänden, die in einem Wärmebad bei konstanter Temperatur gehalten werden. Wenn dies mit dem Teil der Oberfläche eines Körpers realisiert werden sollte, wird klar, dass beide Sichten nur dann miteinander verträglich sind, wenn die elektromagnetische Strahlung durch eine extrem dünne Oberflächenschicht emittiert oder absorbiert wird. Aus diesem Grunde ist es

unmöglich, Volumina von Gasen mit dem Modell der Hohlraumstrahlung zu beschreiben. Weil Wärmestrahlung elektromagnetische Strahlung ist, müsste die Strahlung im Falle von Gasen durch die thermische Bewegung verursacht sein, was bei Raumtemperaturen nicht sehr effektiv ist. Bei den Temperaturen in Sternen ist die Situation eine andere: Dort sind die Energieniveaus stets durch Stöße angeregt.

3.5.4 Re-Emission

Im Falle von Strahlungstransportrechnungen wird Kirchhoffs Gesetz „verallgemeinert“ auf die Situation, in der die entsprechende Formel für die Emission bzw. Absorption (pro Einheitslänge längs der Richtung ds) aller Vermutung nach anwendbar ist:

$$\varepsilon_\nu ds = \alpha_\nu ds \cdot B_\nu(T) \quad (51)$$

Die physikalische Bedeutung dieser „Verallgemeinerung“ kann leicht gesehen werden, wenn man das Kirchhoffsche Gesetz mathematisch aus der Formel extrahiert. Um dies zu tun, definierten wir

$$\varepsilon_\nu = E_\nu \delta(s - s_0) \quad (52)$$

$$\alpha_\nu = A_\nu \delta(s - s_0) \quad (53)$$

mit einer δ -Dichte lokalisiert auf der Grenzfläche. Physikalisch gesehen heißt dies, dass die gesamte Absorption und Emission aus einer dünnen Oberfläche erfolgt. Genau wie beim richtigen Kirchhoffschen Gesetz nutzen wir die Tatsache aus, dass alle absorbierte Strahlung wieder emittiert wird. Andernfalls würde der Volumenbereich seine Temperatur im thermischen Gleichgewicht erhöhen. Diese Annahme ist die Annahme des *Lokalen Thermodynamischen Gleichgewichts* (Local Thermodynamical Equilibrium, LTE). Ein bedeutender physikalischer Unterschied zum richtigen Kirchhoffschen Gesetz liegt in der Tatsache, dass es keine Formel für die Absorption pro linearer Einheit analog zu

$$R_\nu = 1 - A_\nu \quad (54)$$

gibt. Mit ρ als Dichte des Mediums kann man einen *Absorptionskoeffizienten* κ_ν bzw. einen *Emissionskoeffizienten* j_ν definieren, indem man

$$\alpha_\nu = \kappa_\nu \rho \quad (55)$$

$$\varepsilon_\nu = j_\nu \rho \quad (56)$$

setzt. Das Verhältnis von Emissionskoeffizient und Absorptionskoeffizient

$$S_\nu = \frac{j_\nu}{\kappa_\nu} \quad (57)$$

beschreibt die Re-Emission der Strahlung und wird *Quellfunktion* genannt.

3.5.5 Zwei Zugänge zum Strahlungstransport

In einem Gas ändert sich die Strahlungsintensität einer Fläche in Richtung eines Wegelements ds gemäß

$$-\frac{dI_\nu}{ds} = \alpha_\nu I_\nu - \varepsilon_\nu \quad (58)$$

Mit Hilfe der Funktionen, die in den Gleichungen (55) - (57) eingeführt wurden, kann dies ausgedrückt werden als

$$\frac{1}{\kappa_\nu \varrho} \frac{dI_\nu}{ds} = I_\nu - S_\nu \quad (59)$$

Diese Gleichung wird *Strahlungstransportgleichung* genannt. Zwei komplett unterschiedliche Zugänge zeigen, dass diese Emissionsfunktion nicht einfach durch die physikalischen Gesetze bestimmt wird [93]:

1. Der übliche Zugang des *Lokalen Thermodynamischen Gleichgewichts (LTE)* ist gegeben durch den Ansatz

$$S_\nu(x, y, z; l, m, n) = B_\nu(T(x, y, z; l, m, n)) \quad (60)$$

B_ν [93]. LTE hat nur dann eine gewisse Bedeutung für Strahlungstransportrechnungen, wenn die Absorptionskoeffizienten unabhängig von der Temperatur sind. Dies ist nicht der Fall bei niedrigen Temperaturen. In modernen Klimamodell-Berechnungen wird dieser Zugang dennoch ohne Skrupel verwendet. [91].

2. Ein anderer Zugang ist die *Streuende Atmosphäre*. Sie ist gegeben durch

$$S_\nu = \frac{1}{4\pi} \int_0^\pi \int_0^{2\pi} p(\vartheta, \varphi; \vartheta', \varphi') I_\nu(\vartheta', \varphi') \sin \vartheta' d\vartheta' d\varphi' \quad (61)$$

Diese extrem unterschiedlichen Zugänge zeigen, dass selbst die physikalisch wohlbegründeten Strahlungstransportgleichungen zu einem gewissen Grade beliebig sind. Eine formale Integration der Strahlungstransportgleichungen (59) ergibt

$$I_\nu(s) = I_\nu(0) \exp(-\tau(s, 0)) + \int_0^s S_\nu(s') \exp(-\tau(s, s')) \kappa_\nu \varrho ds' \quad (62)$$

mit der optischen Dicke

$$\tau(s, s') = \int_{s'}^s \kappa_\nu \varrho ds'' \quad (63)$$

3.6 Die Hypothesen von Fourier, Tyndall und Arrhenius

3.6.1 Die überlieferten Arbeiten

In ihren Forschungs- und Übersichtsartikeln beziehen sich die Klimaforscher auf die legendären Publikationen von Svante August Arrhenius (19 Februar 1859 - 2 Oktober 1927), einem Nobelpreisträger für Chemie. Arrhenius veröffentlichte eine der frühesten - extrem einfachen - Rechnungen im Jahre 1896, deren Gültigkeit sofort und berechtigterweise angezweifelt wurden und die dann auch gleich für Jahrzehnte in Vergessenheit gerieten [44–46]. Es ist eine Arbeit über den Einfluss der Kohlensäure in der Luft auf die Temperatur des Erdbodens. In diesem ziemlich langen Papier stellte er die Hypothese zur Diskussion, dass das Auftreten der Warmzeiten und Eiszeiten in der Erdgeschichte mit dem Einfluss bestimmter Gase, die Wärmestrahlung absorbieren, erklärbar sei.

In diesem Zusammenhang zitierte Arrhenius eine Publikation von Fourier aus dem Jahre 1824¹⁹ mit dem Titel „Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires“ [37, 38].

Arrhenius stellt fälschlicherweise fest, dass Fourier der erste war, der behauptete, dass die Atmosphäre wie das Glas eines Treibhauses wirkt, weil es die Strahlen der Sonne durchlässt und die sogenannte dunkle Wärme in dessen Innerem hält.

Die deutsche Übersetzung der relevanten Passage bei Fourier (Seite 585) lautet:

„Man verdankt dem berühmten Reisenden M. von Saussure ein Experiment, das geeignet scheint, Licht auf diese Frage zu werfen. Es besteht darin, den Sonnenstrahlen ein von mehreren durchsichtigen Glasscheiben bedecktes Gefäß auszusetzen, welche in einem gewissen gegenseitigen Abstand übereinander gestapelt werden. Das Innere des Gefäßes wird mit einer dicken Schicht aus schwarzem Fett bedeckt, geeignet zur Absorption und Speicherung von Wärme. Die erhitzte Luft wird von allen Seiten eingesperrt, sei es im Inneren des Gefäßes oder in jedem Intervall zwischen zwei Scheiben. Thermometer im Gefäß und in den höheren Zwischenräumen zeigen in jedem dieser Volumina den Grad von Wärmesteigerung an. Dieses Instrument wurde um Mittag der Sonne ausgesetzt, und man hat in verschiedenen Experimenten gesehen, wie das Thermometer des Gefäßes auf 70, 80, 100, 110 Grad und darüber stieg (oktogesimale Skala). Die in den höhergelegenen Zwischenräumen platzierten Thermometer zeigten hingegen viel weniger Wärmegrade an, und zwar. nahmen diese vom Gefäßboden angefangen bis zum höchstgelegenen Zwischenraum ab.“

¹⁹Offensichtlich gibt es einen Fehler in der Arbeit von Arrhenius. Das Jahr der Veröffentlichung von Fouriers Originalarbeit ist 1824, nicht 1827, wie behauptet in vielen aktuellen Arbeiten, deren Autoren offensichtlich nicht die Originalarbeit von Fourier gelesen haben. Es ist daher auch fraglich, ob Arrhenius die Originalarbeit überhaupt gelesen hat.

Der Arbeit von Arrhenius gingen die Arbeiten von Tyndall voraus, der entdeckte, dass bestimmte Gase Infrarot-Strahlung absorbieren [39–43].

Faksimiles der ersten Seiten der oft zitierten Arbeiten von Fourier und Arrhenius sind gezeigt in Abbildung 18 bzw. in Abbildung 19.

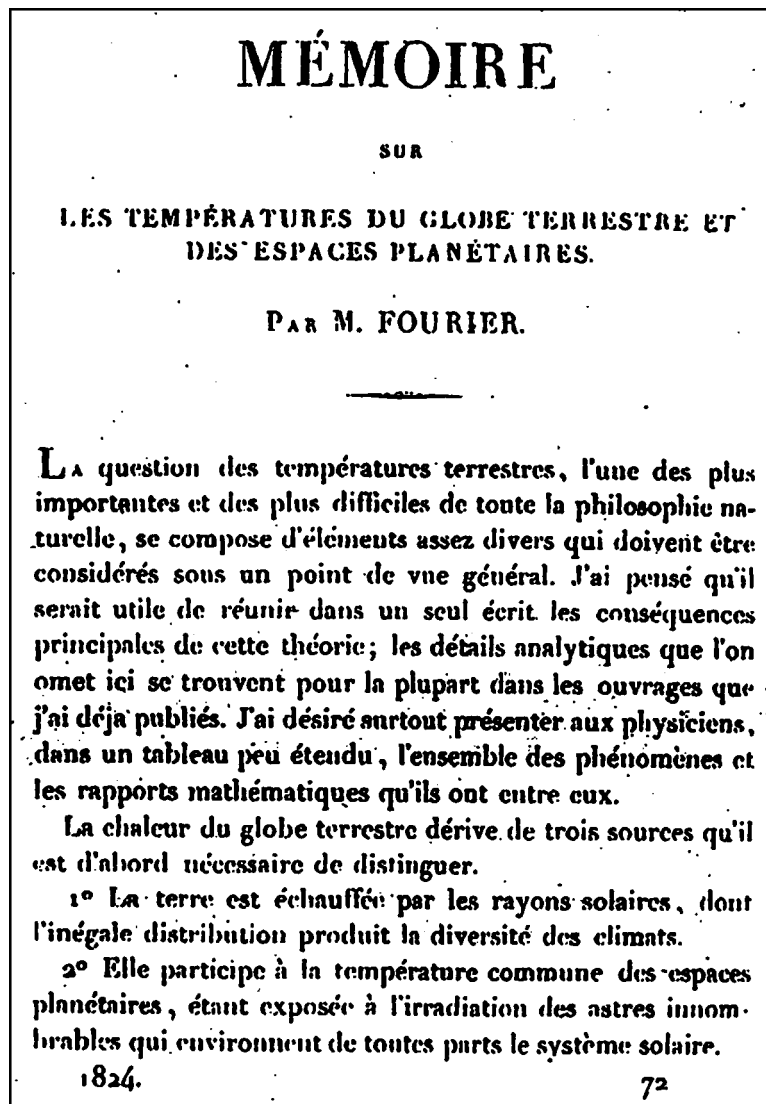


Abbildung 18: Die erste Seite der Arbeit von Fourier aus dem Jahre 1824.

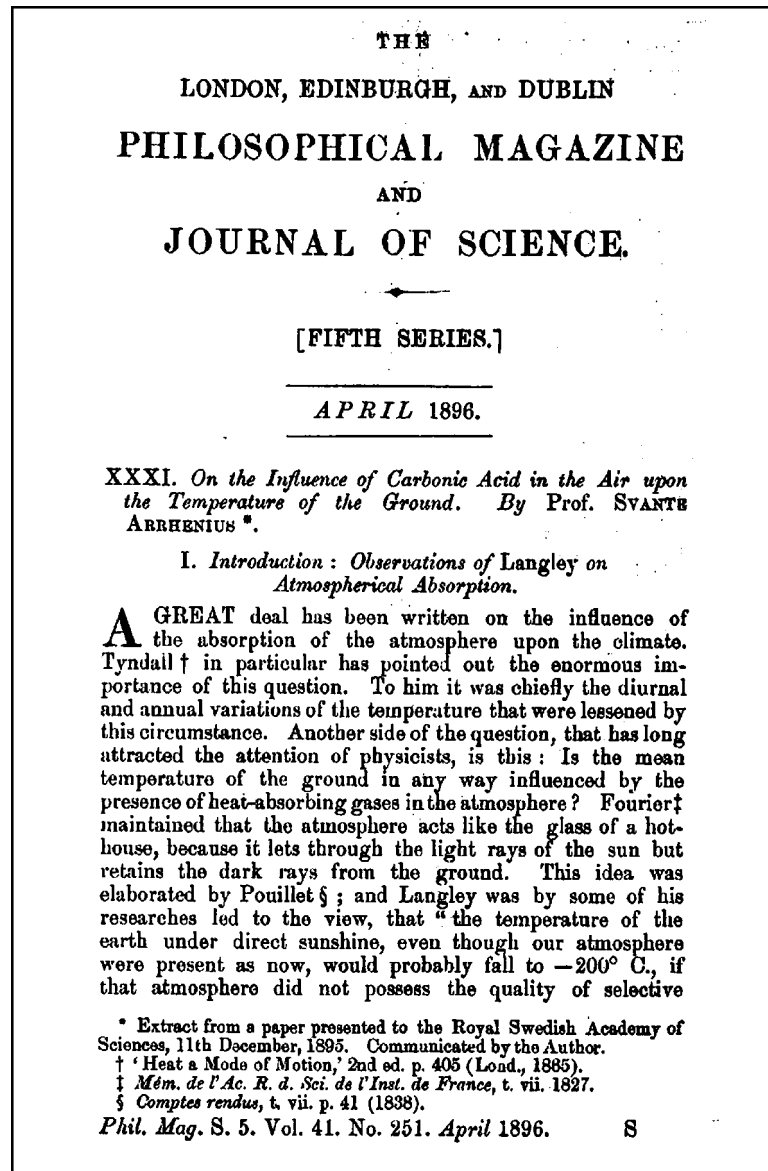


Abbildung 19: Die erste Seite der Arbeit von Arrhenius aus dem Jahre 1896.

In was für einer phantastischen Weise Arrhenius das Stefan-Boltzmannsche Gesetz benutzte, um diesen angeblichen Effekt zu berechnen, kann aus einer anderen Publikation ersehen werden, in der er seine Eiszeit-Hypothese verteidigt [46], siehe Abbildungen 20, 21 und 22.

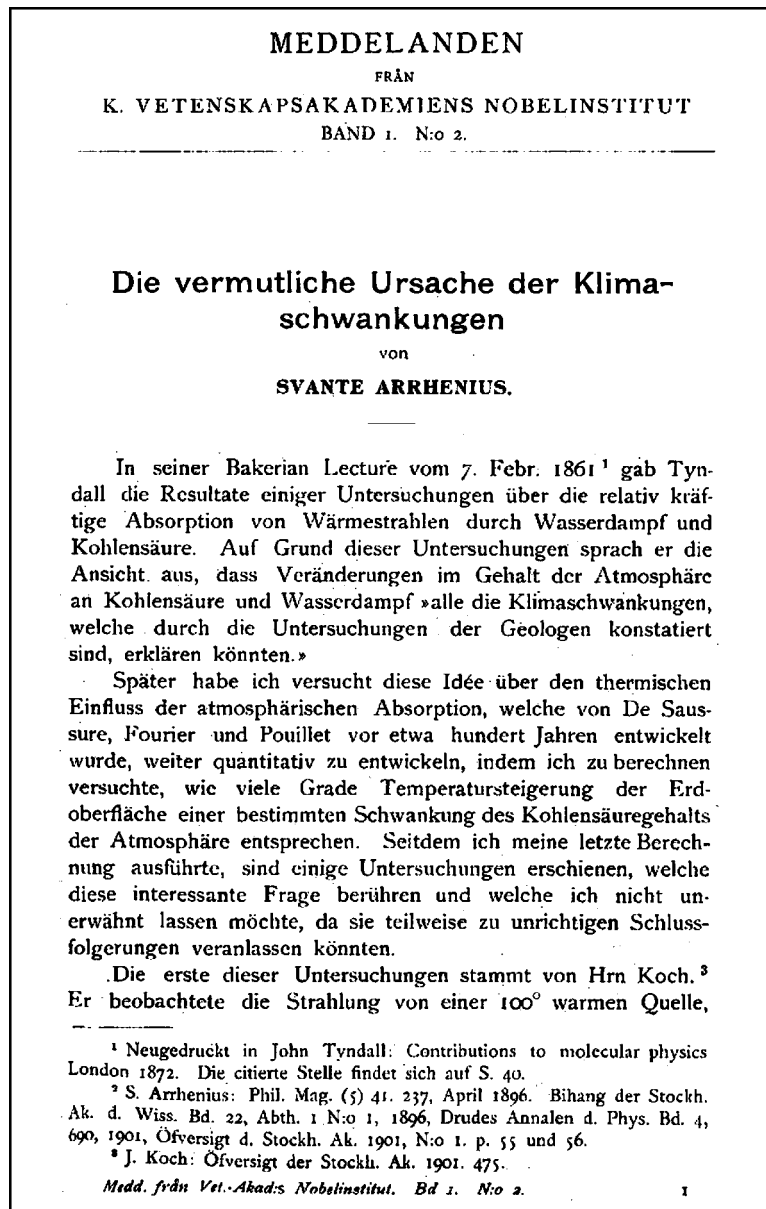


Abbildung 20: Auszug (a) aus der Arbeit von Arrhenius aus dem Jahre 1906.

Diese Äusserung kann wohl die Vorstellung erwecken, als ob von mir geäussert worden wäre, dass eine Verminderung des Kohlensäuregehalts der Atmosphäre um 20 Prozent genügend wäre, um die Temperatur der Eiszeit hervorzurufen, d. h. um die mittlere Temperatur Europas, um vier bis fünf Grad C. zu erniedrigen. Um zu verhindern dass eine solche Vorstellung um sich greife, möchte ich hervorheben, dass nach der alten Berechnung eine Abnahme der Kohlensäuremenge um 50 Prozent eine Temperaturabnahme von 4 (1897) bzw. 3,2 (1901) Grad hervorrufen würde.

Die Ansicht, dass eine Kohlensäureabnahme der Luft die Temperatur einer Eiszeit erklären kann, wird nicht eher als unhaltbar erwiesen, als bis man zeigt, dass das vollkommene Verschwinden der Kohlensäure aus der Atmosphäre nicht genügend wäre, um eine Temperaturabnahme von vier bis fünf Grad hervorzurufen. Es ist nun leicht eine Schätzung auszuführen wie tief die Temperatur sinken würde, wenn die Strahlung der Erde im Verhältniss 1 zu 0,775, d. h. um 29 Prozent, steigen würde, was einigermassen den Daten von Hrn. Rubens und Ladenburg entspricht. Ein Steigen der Ausstrahlung um 1 Proz. entspricht einer Temperatursenkung von $0,72^{\circ}\text{C.}$ ($=\frac{1}{16} \cdot 288$, da die mittlere absolute Temperatur der Erdoberfläche zu $15^{\circ}\text{C.} = 288^{\circ}\text{abs.}$ angenommen wird). Man könnte demnach eine Temperatursenkung von etwa $20,9^{\circ}$ als Folge des Verschwindens der Kohlensäure aus der Atmosphäre vermuten.

Abbildung 21: Auszug (b) aus der Arbeit von Arrhenius aus dem Jahre 1906.

Eine genauere Rechnung, wobei die geringe Strahlung der Kohlensäure berücksichtigt wird, und wovon ich die Details in meiner Untersuchung von 1901 gegeben habe,¹ führt zu etwas niedrigeren Zahlen. Nach derselben würde von den 22,5 Prozent der Erdstrahlung, welche durch die Kohlensäure der Atmosphäre in ihrem jetzigen Zustand absorbiert werden, 3,8 Prozent wieder von der Kohlensäure in den Weltraum ausgestrahlt werden, so dass die wirkliche Verminderung der Erdstrahlung 18,7 Prozent betragen würde. Anstatt der jetzigen Temperatur von 15° C. = 288° abs. hätte man also nach Verschwinden der Kohlensäure eine absolute Temperatur T, für welche gilt:

$$T : 288 = (1 - 0,187) : 1$$

woraus $T = 273,4$ abs. = 0,4° C.

Die jetzige Kohlensäuremenge würde demnach die Temperatur der Erdoberfläche um 14,6° C. erhöhen; ihr Verschwinden aus der Atmosphäre würde infolgedessen eine etwa drei mal so starke Temperaturniedrigung als diejenige, welche für die Eiszeit charakteristisch war, hervorrufen.

In ähnlicher Weise berechne ich, dass eine Verminderung des Kohlensäuregehalts zur Hälfte oder eine Zunahme desselben auf den doppelten Betrag Temperaturänderungen von -1,5° C. bzw. +1,6° C. entsprechen würde.

Abbildung 22: Auszug (c) aus der Arbeit von Arrhenius aus dem Jahre 1906.

Zuerst schätzt Arrhenius ab, dass 18.7% der Infrarotstrahlung der Erde nicht in den Raum abgestrahlt wird, weil sie durch Kohlensäure absorbiert werden würde. Dies könnte berücksichtigt werden, indem man die effektive Strahlungstemperatur T_{eff} auf eine reduzierte Temperatur T_{reduced} verminderte. Arrhenius vermutete dann, dass

$$T_{\text{eff}} = 15^\circ\text{C} = 288\text{ K} \quad (64)$$

und machte unter der Annahme der Gültigkeit des Stefan-Boltzmann-Gesetzes den Ansatz

$$\frac{\sigma \cdot T_{\text{reduced}}^4}{\sigma \cdot T_{\text{eff}}^4} = \frac{(1 - 0.187) \cdot I_0}{I_0} \quad (65)$$

so dass

$$T_{\text{reduced}} = T_{\text{eff}} \cdot \sqrt[4]{1 - 0.187} \quad (66)$$

und

$$T_{\text{reduced}} = \sqrt[4]{0.813} \cdot 288 = 273.47 \quad (67)$$

was einer Verminderung der Erdtemperatur um 14.5°C entspricht.

Für den Fall, dass jemand nicht glauben sollte, dass ein solche absurde Forderung formuliert werden könnte, ist ein Faksimile der Passage in den Abbildungen 21 und 22 dargestellt. Es ist ein interessanter Punkt, dass Arrhenius in der Arbeit versucht, **die Beweislast umzukehren**:

„Die Ansicht, dass eine Kohlensäureabnahme der Luft die Temperatur einer Eiszeit erklären kann, wird sich nicht eher als unhaltbar erweisen, als bis man zeigt, dass das vollkommene Verschwinden der Kohlensäure aus der Atmosphäre nicht genügend wäre, um eine Temperaturerhöhung von vier bis fünf Grad hervorzurufen.“

Dieser manipulative Trick der Beweislastumkehr zieht sich wie ein roter Faden durch fast alle modernen Arbeiten über den Einfluss CO_2 auf das sogenannte globale Klima.

3.6.2 Moderne Arbeiten der Klimatologie

Callendar [47–53] und Keeling [54–60], die Begründer der modernen Treibhaushypothese, recycelten Arrhenius’ „Diskussion von Gestern und Vorgestern“, ²⁰ indem sie den Fehler der Vergangenheit wiederholten und neue Fehler hinzufügten.

In den siebziger und achtziger Jahren des vorherigen Jahrhunderts fielen zwei Entwicklungen zusammen: Eine beschleunigte Entwicklung der Computer-Technik und das Entstehen zweier entgegengesetzter politischer Richtungen: Die eine, die die Entwicklung der zivilen Nutzung der Kernenergie unterstützte, die andere, die die sogenannten grünen politischen

²⁰eine Phrase, die von Hans von Storch in Ref. [1] benutzt worden ist.

Bewegungen favorisierte. Plötzlich wurde die CO₂-Frage ein Tagesordnungspunkt und mit ihm die Computer-Simulationen des Klimas.

Die Forschungsergebnisse hingegen blieben vage wie seit eh und je:

- In der Siebziger sagten die Computer-Simulationen des „Globalklimas“ für eine Verdopplung der CO₂-Konzentration eine globale Temperaturerhöhung von 0.7-9.6 K voraus [152].
- Später tendierten die Computer-Simulationen in Richtung eines Null-Effekts²¹:
 - Im IPCC-Bericht von 1992 sagten Computer-Simulationen des „globalen Klimas“ eine globale Temperaturerhöhung von etwa 0.27-0.82 K per Dekade voraus [25].
 - Im IPCC-Bericht von 1996 sagten Computer-Simulationen des „globalen Klimas“ eine globale Temperaturerhöhung von etwa 0.08-0.33 K per Dekade voraus [28].
- Vor zwei Jahren (2005) sagten Computer-Simulationen des „globale Klimas“ für eine Verdopplung der CO₂-Konzentration eine globale Temperaturerhöhung von 2-12 K voraus, wobei alle diejenigen Szenarien weggelassen worden waren, die eine *globale Abkühlung* voraussagten [154].

Der Stand der Kunst der Klimamodellierung im Jahre 1995 ist im Detail beschrieben in dem Artikel Ref. [155]. Heute ist jeder Heimcomputer größer als ein Großrechner zu jener Zeit, und jeder Amateur kann die alten Programme nach Herzenslust testen und modifizieren [156]. Natürlich gibt es keine realitätsnahen lösbaren Gleichungen für die Wetterparameter. Inzwischen gibt es aber „Computer-Modelle“, die auf fast jedem PC laufen [154, 156] oder sogar im Internet [157].

Aus diesen Computer-Spielen eine Klimakatastrophe abzuleiten und die Menschheit zu ängstigen, ist ein Verbrechen.

²¹Für diese wertvolle Information ist G.G. dem verstorbenen Wissenschaftsjournalist Holger Heuseler dankbar [153].

3.7 Die Annahme eines Strahlungsgleichgewichts

3.7.1 Einführung

Wie im Falle des physikalischen Mechanismus, der in Glashäusern am Werke ist, handelt der angebliche CO₂-Treibhauseffekt von zwei unterschiedlichen physikalischen Situationen. Unglücklicherweise ändert sich die exakte Definition des atmosphärischen Treibhauseffekts von Auditorium zu Auditorium. Es gibt also viele Variationen des Themas. Dennoch gibt es einen gemeinsamen methodologischen Aspekt:

- eine Berechnung für ein fiktives Modell für einen Himmelskörper *ohne* Atmosphäre

wird verglichen mit

- einer Berechnung für ein fiktives Modell für einen Himmelskörper *mit* Atmosphäre.

So werden zum Beispiel „Durchschnittstemperaturen“ für

- die Erde *ohne* Atmosphäre

und für

- die Erde *mit* Atmosphäre

berechnet und miteinander verglichen.

Es ist amüsant festzustellen, dass es in diesem methodologischen Kontext keine Berechnungen für

- eine Erde *ohne* Ozeane

gibt, denen Berechnungen für

- eine Erde *mit* Ozeanen

gegenüber gestellt werden. Diese Feinheiten sollen jetzt aber nicht im Detail diskutiert werden. Der Leser sei daher verwiesen auf Ref. [156], wo auch weitere Literaturquellen zu finden sind.

Obwohl es eine gewaltige Menge von Verallgemeinerungen gibt, bleibt ein gemeinsamer Aspekt übrig, nämlich die Annahme eines Strahlungsgleichgewichts, das eine zentrale Rolle in den Publikationen des IPCC und damit in der öffentlichen Propaganda spielt. Im Folgenden wird bewiesen werden, dass diese Annahme physikalisch falsch ist.

3.7.2 Eine Bemerkung über „Strahlungsbilanz-Diagramme“

Aus der Definition, die in Abschnitt 2.1.2 vorgestellt wurde, folgt unmittelbar, dass die Strahlungsintensität I_ν *keine* Stromdichte ist, die durch ein Vektorfeld $\mathbf{j}(\mathbf{x}, t)$ beschrieben werden kann. Das heißt, dass Erhaltungssätze (Kontinuitätsgleichungen, Bilanzgleichungen, Budgetgleichungen) nicht für Intensitäten niedergeschrieben werden können! Unglücklicherweise wird genau dies in den meisten klimatologischen Arbeiten getan. Dies ist der **Kardinalfehler der Globalklimatologie**. Dieser fundamentale Fehler wurde solange übersehen, weil das Problem der realen Welt übervereinfacht wurde, indem es als quasi-ein-dimensionales Problem behandelt wurde. So müssen die in der sogenannten Klimaforschung so populären „Strahlungsbilanzdiagramme“, die quasi-ein-dimensionale Situationen (vergleiche Abbildung 23) beschreiben als wissenschaftliche Verfehlungen bewertet, weil sie die mathematischen und physikalischen Grundlagen nicht angemessen repräsentieren.

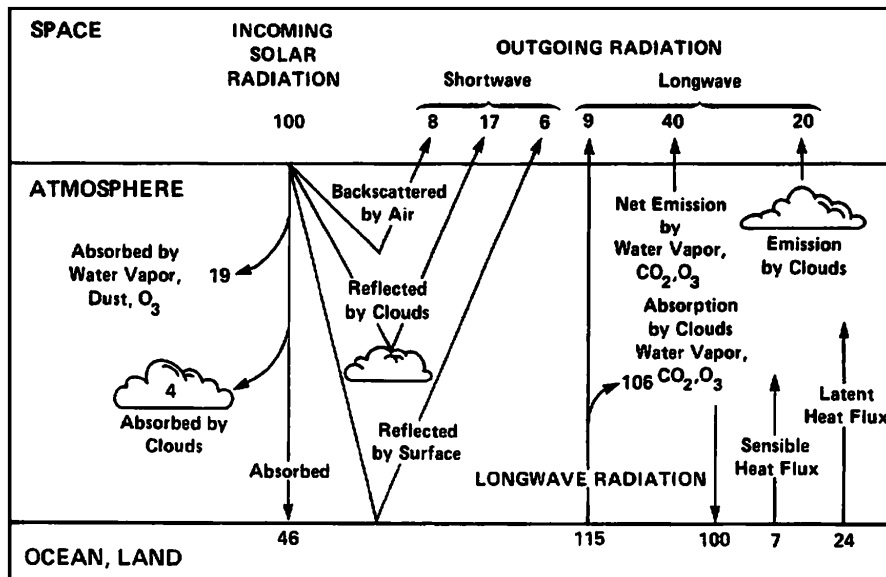


Abbildung 23: Ein schematisches Diagramm, welches die global gemittelten Anteile der Energiebilanz der Erde beschreiben soll. Diagramme dieser Art **widersprechen der Physik**.

Diagramme in der Art von Abbildung 23 sind die Eckpfeiler der „klimatologischen Beweise“ des angeblichen Treibhauseffekts in der Atmosphäre [142]. Sie sind hoch suggestiv, weil sie an die Kirchhoffschen Regeln der Elektrotechnik erinnern, insbesondere an die Knotenregel, welche die Erhaltung der elektrischen Ladung beschreibt [158]. Leider wird in der Literatur über Globalklimatologie nirgendwo erklärt, was die Pfeile in den „Strahlungsbilanzdiagrammen“ physikalisch bedeuten. Es ist leicht zu zeigen, dass ihnen im Rahmen der Physik keine sinnvolle Bedeutung zugewiesen werden kann.

Die Strahlungsbilanzdiagramme der Klimaforschung sind Unsinn,

1. weil sie nicht Strahlungsintensitäten darstellen können, was die natürlichste Interpretation der Pfeile in Abbildung 23 wäre, wie schon in Abschnitt 2.1.2 und Abschnitt 2.1.5 erklärt;
2. weil sie nicht quellfreie Flüsse, - das heißt, divergenzfreie Vektorfelder in drei Dimensionen, - darstellen können, da eine verschwindende drei-dimensionale Divergenz immer noch erlaubt, dass stets noch ein Anteil des Feldes seitwärts geht;
3. weil sie nicht in den Rahmen der Feynman-Diagramme passen, die mathematische Ausdrücke repräsentieren, die im Rahmen der Quantenfeldtheorie klar definiert sind. [159].
4. weil sie nicht in die Standardsprache der Systemtheorie bzw. des *Systems Engineering* passen [160].

Knotenregeln im Sinne von Kirchhoff gelten nur in Fällen, in denen es eine erhaltene Größe gibt und der unterliegende Raum beschrieben wird durch einen topologischen Raum, der fast überall wie eine ein-dimensionale Mannigfaltigkeit aussieht, wobei die Singularitäten gerade die Netzwerk-Knoten sind. Dies trifft zum Beispiel auf gewöhnliche elektrische Schaltkreise [158] oder auf mesoskopische Netzwerke zu [161], und, im Falle elektromagnetischer Wellen, auf Hohlleiter-Netzwerke²² [163, 164]. Jedoch zeigt sich: Obwohl Kirchhoffs Maschen-Analyse erfolgreich auf Mikrowellen-Netzwerke angewendet werden können, sind die Details sehr verwickelt. Und die Analyse bricht zusammen, wenn Dissipation berücksichtigt wird [163, 164].

So ist offensichtlich, dass weder die Krypto-Klimaten in Glashäusern, noch die Atmosphäre der Erde mit Hohlleiter-Netzwerken vergleichbar sind, wie sie zum Beispiel im Betrieb von Teilchenbeschleunigern verwendet werden. Daher sind die Strahlungsbilanzdiagramme der Klimaforschung selbst dann irreführend, wenn sie nur gemittelte Größen beschreiben sollen.

3.7.3 Der Fall einer idealisierten Strahlungsbilanz

Wenn der Transport von Wärme für einen der Strahlung ausgesetzten Körper nur über die Wärmestrahlung erfolgte, würde man das Stefan-Boltzmann-Gesetz

$$S(T) = \sigma T^4 \quad (70)$$

verwenden, um die Bodentemperatur zu berechnen, die durch diese Bilanz bestimmt wird. Die Irradianz (Bestrahlungsstärke) S hat die Dimension einer Leistungsdichte und σ ist die Stefan-Boltzmann-Konstante, gegeben durch

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} = 5.6704080 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} \quad (71)$$

²²Der zweite und der dritte Typ sind in wunderbare Weise miteinander verbunden. Die Korrespondenz liegt in der Relation des v. Klitzing-Widerstands $R_{\text{vK}} \approx 25,813 \text{ k}\Omega$ zur Impedanz des Vakuums $Z_0 \approx 376,73 \Omega$, welche über die Sommerfeldsche Feinstruktur-Konstante gegeben ist [162].

Zum Beispiel ist die Energieflussdichte für einen schwarzen Körper bei einer Raumtemperatur von 300 K ungefähr

$$S(T=300\text{ K}) = 459\text{ W/m}^2 \quad (72)$$

Ein Wort der Vorsicht ist hier angebracht: Wie schon in Abschnitt 2.1.5 hervorgehoben, ist die Konstante σ , die in dem T^4 -Gesetz erscheint, *keine* universelle Konstante der Physik. Außerdem ist hervorzuheben: Ein grauer Strahler muss durch ein temperaturabhängiges $\sigma(T)$ beschrieben werden, welches das T^4 -Gesetz zerstört. Vom rigorosen Standpunkt aus ist die Gleichung (70) für reale Objekte ungültig. Daher sind alle groben Approximationen, die sich auf die Gültigkeit von T^4 -Beziehungen verlassen mit äußerster Skepsis zu betrachten. Auch wenn sie in der sogenannten Klimaforschung äußerst populär zu sein scheinen, so beweisen sie doch gar nichts!

Natürlich kann man in die rechte Seite der Bilanzgleichung

$$\sigma \cdot T_{\text{Earth's ground}}^4 = \sigma \cdot T_{\text{Sun}}^4 \cdot \frac{R_{\text{Sun}}^2}{R_{\text{Earth's orbit}}^2} \quad (73)$$

einen allgemeinen phänomenologischen Normalisierungsfaktor ϵ einsetzen, des Raum für eine Feinabstimmung und die Einbeziehung geometrischer Faktoren lässt.²³ So darf man schreiben:

$$\sigma \cdot T_{\text{Erdboden}}^4 = \epsilon \cdot \sigma \cdot 5780^4 \cdot \frac{1}{46225} = \epsilon \cdot 1368\text{ W/m}^2 = \epsilon \cdot s \quad (74)$$

was

$$T_{\text{Erdboden}} = \sqrt[4]{\epsilon} \cdot \frac{5780}{\sqrt{215}}\text{ K} = \sqrt[4]{\epsilon} \cdot 394.2\text{ K} \quad (75)$$

ergibt. s ist die solare Konstante. Mit Hilfe von Gleichung (75) berechnet man die in Tabelle 10 dargestellten Werte.

ϵ	$T_{\text{Earth's ground}} [\text{K}]$	$T_{\text{Earth's ground}} [^\circ\text{C}]$
1.00	394.2	121.2
0.70	360.6	87.6
0.62	349.8	76.8

Tabelle 10: Effektive Temperaturen $T_{\text{Earth's ground}}$ in Abhängigkeit von dem phänomenologischen Normalisierungsparameter ϵ .

Nur die Temperatur, die in der Sonne innerhalb des Autos gemessen wurde, hat eine gewisse Ähnlichkeit mit den drei Temperaturen, die hier berechnet worden sind. Offensichtlich

²³Der Faktor ϵ steht in Beziehung zur Albedo (Weißheit) A der Erde, welche ihr Reflektionsvermögen beschreibt: $A = 1 - \epsilon$. In älterer Literatur findet man häufig $A = 0.5$ für die Erde, in jüngerer Literatur $A = 0.3$. Der letztere Wert wird hier benutzt.

bestimmt die Strahlungsbilanz nicht die Temperatur außerhalb des Wagens. Im krassen Kontrast dazu zeigt Tabelle 11 die „durchschnittlichen effektiven Temperaturen“, die entsprechend dem klimatologischen Konsens verwendet werden, um den atmosphärischen Treibhauseffekt zu „erklären“. Der Faktor von einem Viertel wird eingeführt, indem man die einkommende Sonnenstrahlung die einen Scheibe mit dem Querschnitt σ_{Erde} sieht, Aber die globale Oberfläche Ω_{Erde} „verteilt“ gemäß

$$\frac{\sigma_{\text{Erde}}}{\Omega_{\text{Erde}}} = \frac{\pi \cdot R_{\text{Erde}}^2}{4\pi \cdot R_{\text{Erde}}^2} = \frac{1}{4} \quad (76)$$

Der fiktive natürliche Treibhauseffekt ist die Differenz zwischen der „effektiven Durchschnittstemperatur“ von -18°C und der „beobachteten Durchschnittstemperatur“ der Erde von $+15^\circ\text{C}$.

ϵ	$T_{\text{Earth's ground}} [\text{K}]$	$T_{\text{Earth's ground}} [^\circ\text{C}]$
$0.25 \cdot 1.00$	278.7	5.7
$0.25 \cdot 0.70$	255.0	-18.0
$0.25 \cdot 0.62$	247.4	-25.6

Tabelle 11: Effektive „Durchschnitts“-Temperaturen T_{ground} in Abhängigkeit von dem phänomenologischen Normalisierungsparameter ϵ einschließlich eines geometrischen Faktors 0.25.

Zusammenfassend gesagt, erscheint der Faktor 0.7 in den Gleichungen, wenn man annimmt, dass ein grauer Absorber sich wie ein strahlender schwarzer Körper verhält - ganz im Widerspruch zu den Gesetzen der Physik. Andere Präferenzen sind möglich, das Ergebnis ist somit völlig beliebig. Damit ist klar, dass ein solcher Durchschnittswert überhaupt keine physikalische Bedeutung hat. Dies wird im folgenden Abschnitt weiter beleuchtet.

3.7.4 Die Durchschnittstemperatur eines bestrahlten Globus

Für einen der Sonnenstrahlung ausgesetzten Globus (vergleiche Abbildung 24) muss die zugehörige Bilanzgleichung einen geometrischen Faktor enthalten. Somit lässt sie sich schreiben als

$$\sigma \cdot T^4 = \begin{cases} \epsilon \cdot S \cdot \cos \vartheta = \epsilon \cdot \sigma \cdot 5780^4 / 215^2 \cdot \cos \vartheta & \text{if } 0 \leq \vartheta \leq \pi/2 \\ 0 & \text{if } \pi/2 \leq \vartheta \leq \pi \end{cases} \quad (77)$$

Es ist offensichtlich, dass man die effektiven Temperaturen erhält, wenn man die rechte Seite durch σ teilt. Diese ergibt die oben erwähnten „effektiven Durchschnittstemperaturen“ über der globalen Oberfläche

$$T_{\text{eff}}^4 = \frac{1}{4\pi} \iint_{\text{surface}} T^4 d\Omega$$

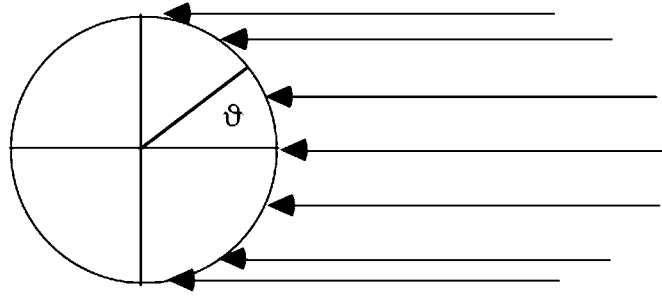


Abbildung 24: Ein der Sonnenstrahlung ausgesetzter Globus.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi T^4 \sin \vartheta \, d\vartheta \, d\varphi \\
 &= \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_1^{-1} T^4 d(-\cos \vartheta) \, d\varphi \\
 &= \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 T^4 d(\cos \vartheta) \, d\varphi
 \end{aligned} \tag{78}$$

Mit der Definition

$$\mu = \cos \vartheta \tag{79}$$

erhält man

$$\begin{aligned}
 T_{\text{eff}}^4 &= \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 T^4 \, d\mu \, d\varphi \\
 &= \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^1 \epsilon \cdot \frac{S}{\sigma} \cdot \mu \, d\mu \, d\varphi \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \epsilon \cdot \frac{S}{\sigma} \cdot \int_0^1 \mu \, d\mu \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \epsilon \cdot \frac{S}{\sigma} \cdot \left(\frac{\mu^2}{2} \Big|_0^1 \right) \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \epsilon \cdot \frac{S}{\sigma} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \epsilon \cdot (394.2)^4 \, \text{K}^4
 \end{aligned} \tag{80}$$

Dies ist die korrekte Herleitung des Faktors 1/4 in Gleichung (76). Indem aus dem so gewonnenen Ausdruck die vierte Wurzel gezogen wird, erhält man

$$\begin{aligned}
 T_{\text{eff}} &= \sqrt[4]{\frac{\epsilon}{4} \cdot \frac{S}{\sigma}} \\
 &= \sqrt[4]{\frac{\epsilon}{4}} \cdot 394.2 \, \text{K} \\
 &= (1/\sqrt{2}) \cdot \sqrt[4]{\epsilon} \cdot 394.2 \, \text{K} \\
 &= 0.707 \cdot \sqrt[4]{\epsilon} \cdot 394.2 \, \text{K}
 \end{aligned} \tag{81}$$

So eine Berechnung, obwohl ein etablierter Standard in der globalen Klimatologie, ist grundlegend falsch. Wenn man nämlich die Durchschnittstemperatur berechnen möchte, hat man *zuerst* die vierte Wurzel zu ziehen und *erst dann* den Durchschnittswert zu bestimmen:

$$\begin{aligned}
 T_{\text{phys}} &= \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 T \, d\mu \, d\varphi \\
 &= \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^1 \sqrt[4]{\epsilon \cdot \frac{S}{\sigma}} \cdot \mu \, d\mu \, d\varphi \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt[4]{\epsilon \cdot \frac{S}{\sigma}} \cdot \int_0^1 \sqrt[4]{\mu} \, d\mu \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt[4]{\epsilon \cdot \frac{S}{\sigma}} \cdot \left(\frac{\mu^{5/4}}{5/4} \Big|_0^1 \right) \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt[4]{\epsilon \cdot \frac{S}{\sigma}} \cdot \frac{4}{5} \\
 &= \frac{2}{5} \cdot \sqrt[4]{\epsilon \cdot \frac{S}{\sigma}}
 \end{aligned} \tag{82}$$

was schließlich ergibt

$$\begin{aligned}
 T_{\text{phys}} &= \frac{2}{5} \cdot \sqrt[4]{\epsilon} \cdot 394.2 \text{ K} \\
 &= 0.4 \cdot \sqrt[4]{\epsilon} \cdot 394.2 \text{ K}
 \end{aligned} \tag{83}$$

Die Durchschnittstemperaturen T_{phys} sind beträchtlich kleiner als die vierte Wurzeln des gemittelten vierten Potenzen (vergleiche Tabelle 12).

ϵ	$T_{\text{eff}} [^\circ\text{C}]$	$T_{\text{phys}} [^\circ\text{C}]$
1.00	5.7	−115
0.70	−18.0	−129
0.62	−25.6	−133

Tabelle 12: Zwei Arten von „Durchschnitts“-Temperaturen T_{eff} und T_{phys} in Abhängigkeit von dem Emissivitätsparameter ϵ miteinander verglichen.

Dies ist kein Zufall, sondern die Konsequenz einer allgemeinen Ungleichung

$$\langle T \rangle = \int_X T \, dW \leq \sqrt[4]{\int_X T^4 \, dW} = \sqrt[4]{\langle T^4 \rangle} \tag{84}$$

für eine nicht-negative messbare Funktion T und ein Wahrscheinlichkeitsmaß W . Es ist eine Konsequenz der Hölderschen Ungleichung [165–168]

$$\int_X f g \, dW \leq \left\{ \int_X f^p \, dW \right\}^{1/p} \cdot \left\{ \int_X g^q \, dW \right\}^{1/q} \tag{85}$$

für ein Wahrscheinlichkeitsmaß W und für zwei nicht-negative messbare Funktionen f , g und nicht-negative ganze Zahlen p , q , welche die Beziehung

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1 \quad (86)$$

erfüllen. In dem Fall, der hier zur Diskussion steht, hat man

$$p = 4, \quad q = 4/3, \quad g(x) \equiv 1 \quad (87)$$

und

$$f = T \quad (88)$$

3.7.5 Nicht-Existenz des natürlichen Treibhauseffekts

Folgt man dem Konsensus der Klimaforscher, nimmt man die -18°C , die aus dem T^4 -Durchschnitt berechnet sind und vergleicht ihn mit einer fiktiven Durchschnittstemperatur der Erdoberfläche von $+15^\circ\text{C}$. Die Differenz von 33°C wird dem *natürlichen Treibhauseffekt* zugeordnet. Wie man an Gleichung (83) sieht, führt eine korrekte Mittelwertbildung zu einer Temperatur von -129°C .

Offensichtlich muss hier etwas fundamental falsch sein.

In der Globalklimatologie werden Temperaturen aus gegebenen Strahlungsintensitäten berechnet, und dieses Verfahren tauscht die Rollen von Ursache und Wirkung aus. Man beachte: Die aktuellen *lokalen* Temperaturen bestimmen die Strahlungsintensitäten und nicht umgekehrt. Wenn der Boden durch die Sonnenstrahlung erwärmt wird, werden viele lokale Prozesse angestoßen, die einerseits von den lokalen Bewegungen der Luft, vom Regen, der Verdampfung, der Feuchtigkeit abhängen, die andererseits durch die lokalen Gegebenheiten wie Wasser, Eis, Stein, Sand, Wiesen und Wälder bestimmt sind. Ein Quadratmeter einer Wiese weiß nichts von dem Rest der Erdoberfläche, die in ihrer Gesamtheit den globalen Temperaturmittelwert bestimmt. Folglich wird die Strahlung *lokal* bestimmt durch die *lokale* Temperatur. Weder gibt es eine globale Strahlungsbilanz, noch ein globales Strahlungsbudget.

Während es inkorrekt ist, die Temperatur aus einer gegebenen Strahlungsintensität zu bestimmen, ist es zulässig, eine effektive Strahlungstemperatur $T_{\text{eff rad}}$ aus T^4 -Mittelwerten zu berechnen, welche die mittlere Strahlung, die von der Erde emittiert wird, repräsentiert, um sie mit dem angenommenen Temperaturmittelwert der Erde T_{mean} zu vergleichen. Die Höldersche Ungleichung besagt, dass der erstere Wert immer größer ist als der letztere

$$T_{\text{eff rad}} > T_{\text{mean}} \quad (89)$$

vorausgesetzt, die Probenauswahl und die Mittelwertbildung (also der Wahrscheinlichkeitsraum) bleiben die gleichen. Zum Beispiel, wenn n um den Globus verteilte Wetterstationen n

Temperaturwerte $T_1, \dots, T_n$ messen, dass kann ein *empirischer* Temperaturmittelwert definiert werden gemäß

$$T_{\text{mean}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \quad (90)$$

Für die zugeordnete Strahlungsintensität eines schwarzen Körpers kann man näherungsweise setzen

$$S_{\text{mean}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma T_i^4 =: \sigma T_{\text{eff rad}}^4 \quad (91)$$

und damit die *effektive* Strahlungstemperatur definieren gemäß

$$T_{\text{eff rad}} = \sqrt[4]{\frac{1}{\sigma} S_{\text{mean}}} \quad (92)$$

Man erhält sofort

$$T_{\text{eff rad}} = \sqrt[4]{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i^4} \quad (93)$$

Die Höldersche Ungleichung besagt, dass stets gilt:

$$T_{\text{eff rad}} > T_{\text{mean}} \quad (94)$$

3.7.6 Ein numerisches Beispiel

Aus Gleichung (93) kann man numerische Beispiele konstruieren, in denen zum Beispiel einige wenige lokale Temperaturen einen Durchschnitt, der auf einer großen Sammlung von niedrigen Temperaturen berechnet wurde, völlig verändern. Eine realistischere Verteilung ist in Tabelle 13 aufgeführt. Hier ist die effektive Strahlungstemperatur $T_{\text{eff rad}}$ leicht höher als der Durchschnitt T_{mittel} der gemessenen Temperaturen. Nach der Hölderschen Ungleichung ist dies immer der Fall.

So bleibt nicht länger irgendein Raum für einen *natürlichen Treibhauseffekt*, sowohl mathematisch als auch physikalisch.

Wir fassen zusammen:

- Ausgehend von der *physikalisch falschen* Annahme der Gültigkeit einer Strahlungsbilanz lässt eine *mathematisch korrekte* Berechnung der Mittelwertstemperatur die Temperaturdifferenz, die den angeblichen natürlichen Treibhauseffekt definiert, geradezu explodieren.
- Ausgehend von den *mathematisch korrekten* Berechnungen der *physikalisch korrekten* Temperaturen (also den gemessenen Temperaturen) wird die zugeordnete effektive Strahlungstemperatur *stets höher* sein als der Durchschnitt der gemessenen Temperaturen.

Wetter-Station	Instrument-Ablesungen T_i [°C]	Absolute Temperaturen T_i [K]	4te Potenz T_i^4	4te Wurzel des Mw. der 4ten Pot. $T_{\text{eff rad}}$ [K]	4te Wurzel des Mw. der 4ten Pot. $T_{\text{eff rad}}$ [°C]
1	0.00	273.15	5566789756		
2	10.00	283.15	6427857849		
3	10.00	283.15	6427857849		
4	20.00	293.15	7385154648		
5	20.00	293.15	7385154648		
6	30.00	303.15	8445595755		
Mittelwert	15.00	288.15	6939901750	288,63	15.48

Tabelle 13: Ein Beispiel für eine gemessene Temperaturverteilung, aus der eine zugeordnete effektive Strahlungstemperatur ausgerechnet wird. Die letztere entspricht der vierten Wurzel aus dem Mittel der vierten Potenzen.

3.7.7 Die Nicht-Existenz einer globalen Temperatur

In den vorangehenden Abschnitten wurden mathematische und physikalische Argumente präsentiert, die zeigten, dass der Begriff der globalen Temperatur bedeutungslos ist. Kürzlich zeigten Essex, McKittrick und Andresen [169]:

„dass es im Kontext der Frage der globalen Erwärmung keine physikalisch sinnvolle globale Temperatur für die Erde gibt. Während es stets möglich ist, eine Statistik für ein gegebenes Set von lokalen Temperaturdaten zu konstruieren, ist eine unendliche Menge solcher Statistiken mathematisch zulässig, solange die physikalischen Prinzipien keine explizite Basis bereitstellen, die es ermöglicht, aus ihnen die richtige auszuwählen. Verschiedene und gleichermaßen gültige statistische Regeln können gegenläufige Trends zeigen, wenn sie auf Resultate von Berechnungen angewendet werden, die aus physikalischen Modellen oder echten Daten aus der Atmosphäre stammen. Ein gegebenes Temperaturfeld kann im gleichen Atemzug sowohl als „erwärmend“ als auch als „abkühlend“ interpretiert werden. Dies zeigt, dass das Konzept der Erwärmung im Kontext der Frage der globalen Erwärmung schlecht aufgestellt ist.“

Einmal abgesehen von allen möglichen Vieldeutigkeiten, kann sich ein globaler Temperaturmittelwert nur aus vielen lokalen Temperaturen abzeichnen. Ohne besondere wissenschaftliche Fachkenntnis kann jedermann unmittelbar sehen, wie ein sich ändernder Mittelwert der bodennahen Lufttemperaturen zu konstruieren ist: Es gibt mehr oder weniger Sonnenschein

auf dem Boden durch die Verteilung der Wolken. Dies legt das Feld der lokalen bodennahen Lufttemperaturen fest, die ihrerseits die Verteilung der Wolken bestimmen und somit auch die Änderung des Temperaturmittelwertes, der offensichtlich ganz unabhängig von der Kohlendioxid-Konzentration ist. Mathematisch gesehen, wird die Entwicklung der Temperaturverteilung phänomenologisch durch eine Differentialgleichung beschrieben. Die Mittelwerte werden erst nachträglich aus der Lösung dieser Gleichung berechnet. Man kann jedoch keine Differentialgleichung direkt für die Mittelwerte niederschreiben.

3.7.8 Der rotierende Globus

Seit der Zeit, als Fourier die Wärmeleitungsgleichung formulierte, gehörte die nicht-lineare Randbedingung, die den Strahlungstransfer eines Globus mit einer der Sonne zugewandten und einer dunklen Seite beschrieb, niemals zur Familie der lösbaren Wärmeleitungsproblemen. Dies gilt sogar für den einfacheren Fall des nicht-rotierenden Globus.

Unbeachtet der Lösbarkeit, kann man natürlich sowohl die betreffende Gleichungen als auch deren Randbedingungen niederschreiben. Wenn der rotierende Globus (Abbildung. 25)

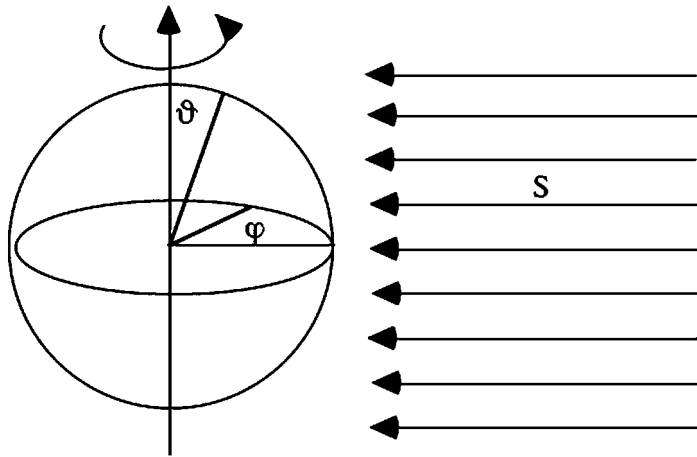


Abbildung 25: Der rotierende Globus.

der Sonnenstrahlung ausgesetzt ist, und ein Wärmeübergang zu seiner Umgebung nur durch Strahlungstransfer möglich sein sollte, so kann das Anfangswertproblem der Wärmeleitungsgleichung durch folgende Randbedingung gelöst werden:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial \mathbf{n}} = \begin{cases} \sigma T^4 - S \cdot \sin \vartheta \cos(\varphi - \omega_d t) & \text{if } -\pi/2 \leq \varphi - \omega_d t \leq \pi/2 \\ \sigma T^4 & \text{if } \pi/2 \leq \varphi - \omega_d t \leq 3\pi/2 \end{cases} \quad (95)$$

wobei

$$\frac{\partial}{\partial \mathbf{n}} = \mathbf{n} \cdot \nabla \quad (96)$$

die übliche Normalableitung auf der Oberfläche der Sphäre bezeichnet und ω_d die Kreisfrequenz ist, die mit dem Tag-und-Nacht-Zyklus assoziiert ist.

Indem man den geeigneten Geometrie-Faktor

$$\zeta(\vartheta, \varphi, \omega_d, t) = \sin \vartheta \cos(\varphi - \omega_d t) \quad (97)$$

und die der Sonne zugewandte Fläche

$$A = \{(\varphi, \vartheta) \mid \zeta(\vartheta, \varphi, \omega_d, t) \geq 0\} \quad (98)$$

definiert, kann man den Ausdruck umschreiben gemäß

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial \mathbf{n}} = \begin{cases} \sigma T^4 - S \cdot \zeta(\vartheta, \varphi, \omega_d, t) & \text{if } (\varphi, \vartheta) \in A \\ \sigma T^4 & \text{if } (\varphi, \vartheta) \notin A \end{cases} \quad (99)$$

3.7.9 Der rotierende Globus mit geneigter Drehachse

Das oben erhaltene Resultat kann auf den rotierenden Globus mit geneigter Drehachse verallgemeinert werden: Für einen rotierenden Globus mit geneigter Drehachse (Fig. 26) hat

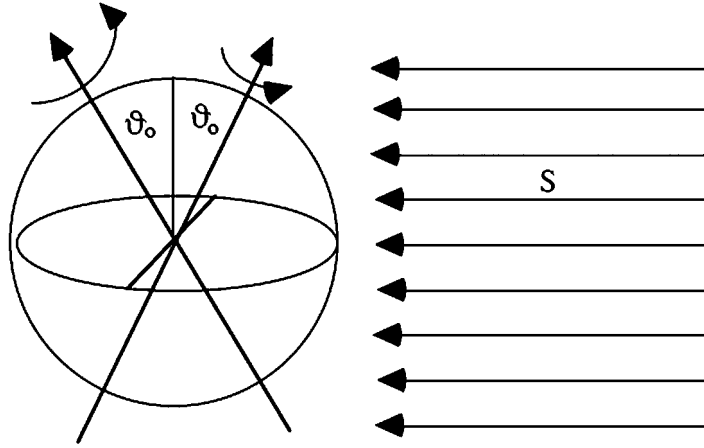


Abbildung 26: Ein rotierender Globus mit geneigter Drehachse.

man

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial \mathbf{n}} = \begin{cases} \sigma T^4 - S \cdot \xi(\vartheta_0, \vartheta, \varphi, \omega_y, \omega_d, t) & \text{if } (\varphi, \vartheta) \in A \\ \sigma T^4 & \text{if } (\varphi, \vartheta) \notin A \end{cases} \quad (100)$$

wobei $\partial/\partial \mathbf{n}$ die übliche Normalableitung auf der Oberfläche der Sphäre bezeichnet und ω_y, ω_d die Winkelgeschwindigkeiten für den Jahreszyklus bzw. für den Tag-Nacht-Zyklus bezeichnen.²⁴ Der Geometrie-Faktor lautet nun

$$\begin{aligned} \xi(\vartheta_0, \vartheta, \varphi, \omega_y, \omega_d, t) = & \quad [\sin(\omega_y t) \cos(\omega_d t) + \cos(\omega_y t) \sin(\omega_d t) \cos \vartheta_0] \sin \vartheta \cos \varphi \\ & + [-\sin(\omega_y t) \sin(\omega_d t) + \cos(\omega_y t) \cos(\omega_d t) \cos \vartheta_0] \sin \vartheta \sin \varphi \\ & - [\cos(\omega_y t) \sin \vartheta_0] \cos \vartheta \end{aligned} \quad (101)$$

und der Ausdruck der sonnenzugewandten Seite ist gegeben durch

$$A = \{(\varphi, \vartheta) \mid \xi(\vartheta_0, \vartheta, \varphi, \omega_y, \omega_d, t) \geq 0\} \quad (102)$$

Schon das erste unrealistische Problem wird viel zu aufwendig für jeden Computer sein. Das zweite Problem kann überhaupt nicht bezwungen werden. Die Gründe hierfür sind nicht nur die extrem unterschiedlichen Kreisfrequenzen ω_y und ω_d , sondern auch ein sehr unphysikalisches Feature, das die Numerik betrifft: Nach einem berühmten Gesetz, das Wiener formuliert hat, bewegen sich alle Teilchen dieses mathematischen Modells zu Beschreibung der Diffusion auf Pfaden unendlich hoher Geschwindigkeiten [170, 171].

²⁴Hier ist die Sternzeit benutzt [138, 139].

Grobabschätzungen zeigen, dass selbst diese übervereinfachten Modelle durch keinen Computer bezwungen werden können. Wenn man eine Kugel mit den Abmessungen der Erde nimmt, wird es unmöglich, dieses Problem numerisch zu lösen, selbst in einer fernen Zukunft. Nicht nur würde der Computer eine Ewigkeit rechnen, bevor eine „ausgeglichene“ Temperatur erreicht wäre, sondern schon die anfänglichen Temperaturverteilungen könnten nicht bestimmt werden.

3.7.10 Die strahlende Masse

Die physikalische Situation, in der ein strahlendes Volumen eine Strahlungsdichte

$$S(T) = \sigma T^4 \quad (103)$$

durch eine Oberflächenschale abstrahlt, kann nicht leicht realisiert werden, wenn überhaupt. Es ist aber durchaus interessant, sich ein solches Spielmodell vorzustellen, um ein Gefühl für einen strahlungsbedingten Prozess des Anstrebens eines Gleichgewichts zu erhalten, von dem man annimmt, dass er sich in einem überschaubaren Zeitintervall abspielt.

Ohne Betrachtung der Ausgleichsprozesse innerhalb des Körpers, erhält man

$$V \varrho c_v \frac{dT}{dt} = -\Omega \sigma T^4 \quad (104)$$

mit V als Volumen, ϱ als Dichte, c_v als spezifische Wärme bei konstantem Volumen, Ω als Oberfläche des Körpers. Mit

$$\eta = \frac{\Omega}{V} \quad (105)$$

kann die obige Gleichung geschrieben werden als

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{\eta \sigma}{\varrho c_v} \cdot T^4 \quad (106)$$

Für einen Würfel der Kantenlänge a hat man $\eta = 6/a$, für einen Globus des Radius r hat man hingegen $\eta = 3/r$. Für die entsprechenden Körper mit den Einheitsvolumina $\eta = 6$ bzw. $\eta = 4.8$.

Die Differentialgleichung ist leicht lösbar. Die Lösung lautet

$$T(t) = T_0 / \sqrt[3]{1 + \frac{3 \eta \sigma T_0^3}{\varrho c_v} t} \quad (107)$$

Mit einer Anfangstemperatur von 300 K mit den Werten von ϱ und c_v für Luft, erhält man die Hälfte des Temperaturwertes innerhalb von drei Sekunden für den Standardwürfel (vergleiche Abbildung 27). Für Eisen ist die Temperaturleitfähigkeit

$$a_v = \varrho c_v \quad (108)$$

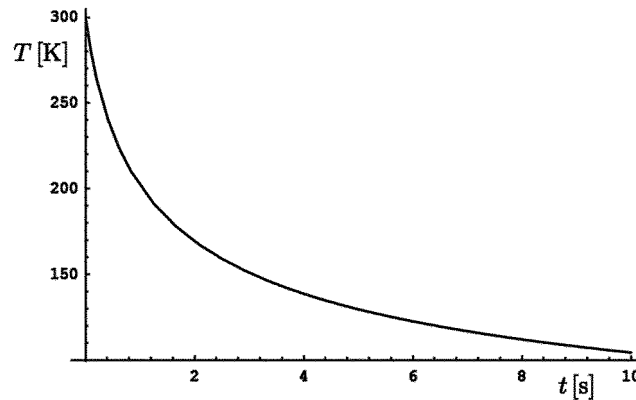


Abbildung 27: Die Abkühlungskurve für einen strahlenden Standardwürfel.

etwa 3000-mal höher als für Luft. Die Halbwertszeit für einen Temperaturabfall beträgt dann näherungsweise drei Stunden.

Für Luft, selbst wenn nur eine der Flächen des Würfels strahlten, würde man einen Temperaturabfall um sieben Grad in den ersten drei Sekunden erhalten und fast 290 Grad innerhalb von zehn Stunden - ein total unrealistischer Abkühlungsprozess.

Bereits diese einfache Einschätzung zeigt, dass man extrem vorsichtig sein muss, wenn man die Gesetze der Strahlung eines idealisierten schwarzen Körpers, bei dem die Energie aus den geheizten Wänden eines Hohlraums stammt, auf Gase anzuwenden versucht, deren elektromagnetische Strahlung von den Bewegungen der Gasmoleküle stammen soll (vergleiche Abschnitt 3.5).

3.7.11 Das umfassende Werk von Schack

Professor Alfred Schack, der Autor des Standardwerkes über den industriellen Wärmeübergang [95], war der erste Wissenschaftler, der in den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts herausfand, dass *Kohlendioxid* (CO_2) und *Wasserdampf* (H_2O) als Bestandteile der Feuergase für einen erhöhten Wärmeübergang in Brennkammern *bei den hohen Brenntemperaturen* verantwortlich sind. Der Grund ist ihre erhöhte Emission im Infraroten. Er schätzte die Emission ab, indem er die Kapazität der spektralen Absorption von Kohlendioxid und Wasserdampf maß.

Im Jahre 1972 publizierte Schack eine Arbeit in den Physikalischen Blättern mit dem Titel „Der Einfluß des Kohlendioxid-Gehaltes der Luft auf das Klima der Welt“ [98].

In dieser Arbeit schätzte Schack zunächst die Masse der verbrauchten fossilen Treibstoffe mit

$$m_{\text{burned}} = 5 \cdot 10^{12} \text{ kg} = 5 \text{ GtC} \quad (109)$$

pro Jahr ab. Weil 1 kg etwa 10 m^3 Abgase mit 15 % CO_2 -Anteil produziert, wird ein Volumen

von

$$V_{\text{CO}_2} = 7.5 \cdot 10^{12} \text{ m}^3 \quad (110)$$

in die Atmosphäre der Erde geblasen, deren totales Volumen unter Normalbedingungen (0 °C and 760 mm Hg) etwa

$$V_{\text{atmosphäre}} = 4 \cdot 10^{18} \text{ m}^3 \quad (111)$$

beträgt. Es folgt unmittelbar, dass der Anstieg der CO₂-Konzentration ungefähr $1.9 \cdot 10^{-6}$ *pro Jahr* beträgt. Etwa die Hälfte ist absorbiert durch die Ozeane, so dass der Anstieg von CO₂ sich reduziert auf

$$\frac{\Delta V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{CO}_2}} = 0.95 \cdot 10^{-6} \quad (112)$$

pro Jahr.

Mit der „gegenwärtigen“ (1972) atmosphärischen CO₂-Volumen-Konzentration von

$$0.03 \% = 300 \cdot 10^{-6} \quad (113)$$

und einem relativen jährlichen Anstieg von

$$0.32 \% = \frac{0.95 \cdot 10^{-6}}{300 \cdot 10^{-6}} \quad (114)$$

würde die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre innerhalb von 100 Jahren um ein Drittel steigen, vorausgesetzt, der Verbrauch fossiler Treibstoffe bliebe konstant.

Schack zeigt dann, dass das atmosphärische CO₂ höchstens 1/7 der Wärmestrahlung des Bodens absorbiert, wenn nicht schon der Wasserdampf das infrarote Licht absorbiert hat, wie es in den meisten Situationen der Fall sein dürfte. Außerdem würde eine Verdopplung des CO₂-Anteils der Luft die charakteristische Absorptionslänge halbieren, das heißt, die Strahlung würde auf einer Länge von 5 km anstatt auf einer Länge von 10 km absorbiert werden.

Schack diskutierte den Beitrag von CO₂ lediglich unter dem Aspekt, dass CO₂ als absorbierendes Medium wirkt. Er kam aber nicht auf die absurde Idee, dass der wärmere strahlende Boden von der durch die Atmosphäre absorbierten und von ihr zurückgestrahlten Strahlung zusätzlich aufgeheizt würde.

In einem Kommentar zu einem Artikel des Wissenschaftsjournalisten Rudzinski [172] erhob der Klimatologe Oeschger Einwände gegenüber der Analyse von Schack über den Einfluss der CO₂-Konzentration auf das Klima. Er behauptete, Schack hätte nicht genau genug gerechnet [173]. Insbesondere bezog er sich auf Strahlungstransportrechnungen. Solche Rechnungen jedoch wurden bisher nur für die Sternatmosphären ausgeführt, weil die Prozesse in den planetaren Atmosphären viel zu kompliziert sind für solch einfache Modelle. Das Ziel der astrophysikalischen Strahlungstransportrechnungen besteht darin, so viele Absorptionslinien wie möglich zu berechnen. Dabei sind der Randwert für die Dichteverteilung, die Temperaturabhängigkeit von der Höhe im Rahmen der Saha-Gleichung und vieler weiterer Hypothesen

vorgegeben [174]. Die Randwerte für die Dichte der Strahlungsintensität jedoch können nicht aus diesen Berechnungen hergeleitet werden.

Man sollte hervorheben, dass Schack der erste Wissenschaftler war, der für Brennkammern die selektive Emission durch heiße Gase, die infrarotes Licht absorbieren, berücksichtigte. Daher darf man sich schon darüber wundern, das ausgerechnet Globalklimatologen ihn dafür tadeln, dass er nicht kompliziert genug gerechnet hätte. Schack war es, der die recht einfachen physikalischen Konzepte durchschaute, die hinter den Gleichungen des Strahlungstransports stehen.

3.8 Wärmeleitung versus Strahlungstransfer

3.8.1 Die Wärmeleitungsgleichung

In vielen klimatologischen Texten wird impliziert, dass die Wärmestrahlung nicht berücksichtigt werden muss, wenn man die Wärmeleitung betrachtet, was nicht richtig ist [175]. Vielmehr muss die vollständige Wärmeflussdichte $\mathbf{q}$ betrachtet werden. Diese ergibt sich aus

$$\mathbf{q} = -\lambda \cdot \text{grad } T \quad (115)$$

in Termen der Wärmeleitfähigkeit λ und des Gradienten der Temperatur T . Es ist unzulässig den Strahlungstransfer von der Wärmeleitung zu trennen, wenn Bilanzen berechnet werden sollen.

Im Folgenden wird eine quasi-ein-dimensionale experimentelle Situation für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit betrachtet (Fig. 28): Mit F als Querschnitt, d als Distanz zwi-

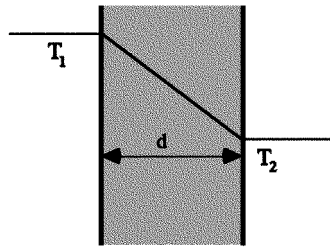


Abbildung 28: Ein einfaches Wärmetransportproblem.

schen zwei Wänden, und Q als die Wärme pro Zeit, die von 1 nach 2 transportiert wird, so dass

$$q_x = \frac{Q}{F} \quad (116)$$

und somit

$$Q = F \cdot q_x = -\lambda \cdot F \cdot \frac{\partial T}{\partial x} = -\lambda \cdot F \cdot \frac{T_2 - T_1}{d} = \lambda \cdot F \cdot \frac{T_1 - T_2}{d} \quad (117)$$

im Falle einer stationären (das heißt zeitunabhängigen) Temperatur-Verteilung. Q wird erzeugt und gemessen im Falle einer stationären Situation durch Joulesche Wärme (das ist

die elektrische Wärme) bei höherer Temperatur. Der Wärmetransport durch Strahlung kann nicht von dem Wärmetransport durch Bewegungsenergie getrennt werden. Natürlich versucht man, Wärmekonvektion durch den experimentellen Aufbau zu verhindern. So sind alle Effekte der Wärmestrahlung (zum Beispiel der langwelligen atmosphärischen Strahlung auf die Erde) in einfacher Weise in den stationären Temperaturen enthalten und messbar als Joulesche Wärme. Im nicht-stationären Fall verschwindet die Divergenz des Wärmeflusses nicht länger, und wir haben für eine konstante Wärmeleitfähigkeit λ

$$\mathbf{div} \mathbf{q} = -\lambda \cdot \mathbf{div} \mathbf{grad} T = -\lambda \cdot \Delta T = -\varrho c_v \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \quad (118)$$

wobei ΔT der Laplace-Operator angewandt auf die Temperatur T und ϱc_v die spezifische Wärme des Einheitsvolumens ist. Schließlich erhalten wir

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\varrho c_v} \Delta T \quad (119)$$

Es ist wichtig zu erwähnen, dass die Wärmeleitfähigkeit durch ϱc_v geteilt wird. Das heißt, dass die isochore Temperaturleitfähigkeit (das heißt die Temperaturleitfähigkeit bei konstantem Volumen)

$$a_v = \frac{\lambda}{\varrho c_v} \quad (120)$$

für zwei verschiedene Materialien von der gleichen Größenordnung sein kann, selbst wenn ihre Wärmeleitfähigkeiten λ völlig verschieden sind.

Leider benötigt die Arbeit selbst an den einfachsten Beispielen der Wärmeleitung Techniken der mathematischen Physik, die sich weit jenseits des Erstsemester-Niveaus befinden. Weil eine präzise Behandlung der partiellen Differentialgleichungen selbst außerhalb des Bereichs dieser Arbeit liegt, sollten die folgenden Feststellungen genügen: Unter gewissen Umständen ist es möglich, die raumzeit-abhängigen Temperaturverteilungen bei gegebenen Anfangswerten und Randwerten zu berechnen. Wenn die Temperaturänderungen eine charakteristische Länge L_{char} haben, ist die charakteristische Zeit für den Wärmeausgleich gegeben durch

$$\frac{1}{t_{\text{char}}} = \frac{\lambda}{\varrho c_v} \cdot \frac{1}{L_{\text{char}}^2} \quad (121)$$

Mit dem Mondradius als charakteristische Länge und typischen Werten für die anderen Variablen würde die Relaxationszeit (also die Zeit des Temperatúrausgleichs) *ein Vielfaches der angenommenen Lebensdauer des Universums* betragen. Deshalb ist die durchschnittliche Bodentemperatur (gemessen über einige hundert Jahre) **überhaupt kein Hinweis darauf**, dass die eingestrahlte Sonnenenergie auch wieder abgestrahlt wurde. Und wenn es einen Unterschied gäbe, würde es unmöglich sein, sie zu messen, einfach wegen der großen Relaxationszeiten.

Bei langen Relaxationszeiten wird der Wärmefluss aus dem Erdkern zu einem bedeutenden Faktor für die langfristigen Reaktionen der gemittelten Bodentemperaturen. Nach bestimmten

Hypothesen waren die Oberflächen der Planeten zunächst sehr heiß und kühlten sich dann ab. Diese Temperaturänderungen könnten experimentell niemals von denen getrennt werden, die durch die Einstrahlung der Sonne verursacht werden.

3.8.2 Wärmeleitung durch und in der Nähe von Grenzflächen

In der realen Welt werden die Dinge infolge der Existenz von Grenzflächen noch sehr viel komplexer. Insbesondere müssen wir berücksichtigen:

- Gas-Festkörper-Grenzflächen,
- Festkörper-Flüssigkeit-Grenzflächen,
- Flüssigkeit-Gas-Grenzflächen,

für die es keine allgemeine Theorie des Wärmetransports gibt. Die Mechanismen der Luftkühlung und Wasserkühlung und der Einfluss der Strahlung hingegen wurden in der Ingenieurthermodynamik eingehend untersucht [95–97]. Sie sind von praktischem Interesse, zum Beispiel in Sonnenkollektoren, Brandforschung, Chemie, Kerntechnik, der elektronischen Kühlung und bei der Konstruktion zuverlässiger Computer-Hardware [176,177]. Offensichtlich haben sie auch höchste Bedeutung in der Geophysik und der atmosphärischen Physik. Weil sie einen zusätzlichen Grad der Komplexität in das hier diskutierte Problem einführen, sollen sie hier nicht weiter diskutiert werden.

3.8.3 In der Küche: Physik-besessene Hausfrau versus IPCC

In Abschnitt 3.3.5 wurde angedeutet, wie einfach es ist, die atmosphärische Treibhaushypothese zu falsifizieren, indem man nämlich einfach den Kochtopf auf dem Küchenherd betrachtet: Ohne eingefülltes Wasser wird der Boden des Topfes schnell rotglühend. Mit eingefülltem Wasser jedoch ist der Boden des Kochtopfes wesentlich kälter.

Ein solches Experiment kann zum Beispiel auf einem Glaskeramik-Herd durchgeführt werden. Die Rolle der Sonne wird von den Heizspulen oder den Infrarot-Halogenlampen als Heizelementen übernommen. Glaskeramik hat einen sehr niedrigen Wärmeleitungskoeffizienten, lässt aber Infrarotstrahlung sehr gut durch. Das Dihydrogenmonoxid (ein gelehriger Ausdruck für Wasser) im Topf, spielt nicht nur die Rolle eines „Treibhausgases“, sondern realisiert auch eine sehr dichte Phase (nämlich eine Flüssigkeit) dieser magischen Substanz. Trotzdem gibt es kein „Rückwärmungseffekt“ zum Boden des Kochtopfes hin. Im Gegenteil, der Boden der Kochtopfes wird sogar kälter.

Es gibt zahllose ähnliche Experimente, die unmittelbar zeigen, dass der atmosphärische Treibhauseffekt aus der Sicht eines ausgebildeten Physikers absolut lächerlich ist. Er ist es auch aus der Sicht eines gut geschulten Verkäufers für eine Variante des getönten Glases, welches die Sonnenstrahlung hauptsächlich im Infraroten reduziert [100]:

„Tageslicht und Sicht sind zwei fundamentale Eigenschaften eines Fensters. Unglücklicherweise sind Fenster auch die Ursache für eine bedeutende Erwärmung durch Sonneneinstrahlung, die nicht erwünscht ist. Traditionelle Lösungen für die Reduktion der Erwärmung durch Sonneneinstrahlung wie getönte Verglasung oder Blenden bewirken, dass auch die Helligkeit reduziert wird. Neuartige Verglasungen mit spektral-selektiven Verkleidungen, die auf geringe Erwärmung durch den Infrarot-Anteil der Sonneneinstrahlung hin optimiert sind, garantieren einen minimalen Verlust des sichtbaren Lichts. Das heißt, dass die Sicht klarer ist und unbehindert bleibt.“

Ironischerweise funktioniert dies auch im Falle des Dihydrogenmonoxid so gut. Solche Experimente können leicht mit jedem Overhead-Projektor durchgeführt werden. Sie zeigen, dass die Absorption des Infrarot-Anteils der einkommenden Strahlung nicht vernachlässigbar ist und zu einem Temperaturabfall der beleuchteten Fläche führt, wenn sie durch eine Infrarot absorbierende Schicht verkleidet wird.

3.9 Die Gesetze der Thermodynamik

3.9.1 Einführung

Zur Zeit der Publikation von Fourier [37, 38] waren die beiden Hauptsätze der klassischen Thermodynamik noch nicht bekannt. Für beide Gesetze gibt es je zwei äquivalente Versionen, die von Rudolf Clausius (2 Januar 1822 - 24 August 1888), dem Begründer der axiomatischen Thermodynamik, erstmalig formuliert wurden [178, 179]:

- ***Erster Hauptsatz der Thermodynamik:***

- *In allen Fällen, wo durch Wärme Arbeit entsteht, wird eine der erzeugten Arbeit proportionalen Wärmemenge verbraucht, und umgekehrt kann durch Verbrauch einer ebenso großen Arbeit dieselbe (proportionale) Wärmemenge erzeugt werden.*
- *Es lässt sich Arbeit in Wärme und umgekehrt Wärme in Arbeit verwandeln, wobei stets die Größe der einen der anderen proportional ist.*

Dies ist eine Definition des *mechanischen Wärmeäquivalents*.

- ***Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik:***

- *Die Wärme kann nicht von selbst aus einem kälteren in einen wärmeren Körper übergehen.*
- *Ein Wärmeübergang aus einem kälteren in einen wärmeren Körper kann nie ohne Kompensation stattfinden.*

Eine fiktive Wärmekraftmaschine, die dennoch in dieser Weise arbeitet, nennt man ein *Perpetuum mobile der zweiten Art*.

Clausius untersuchte sehr gründlich, dass das zweite Gesetz **genauso gut für Strahlung** gilt, selbst wenn man Spiegel und Linsen in Betracht zieht [178, 179].

3.9.2 Diagramme

Es ist ganz nützlich, sich den zweiten Hauptsatz mit (selbsterklärenden) Diagrammen zu verdeutlichen.

- Eine *Dampfmaschine* funktioniert, indem Wärme in mechanische Energie umgewandelt wird, wobei Hitze vom Warmen ins Kalte übertragen wird (siehe Figure 29).

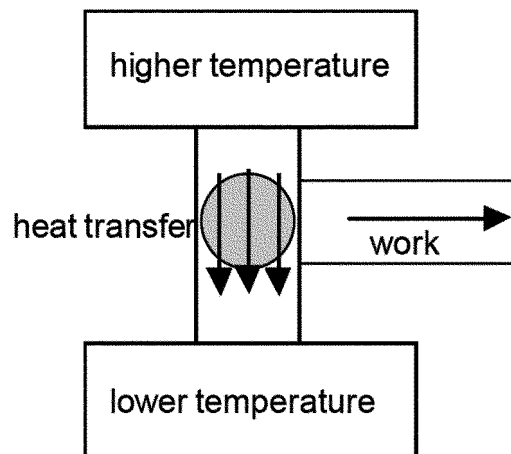


Abbildung 29: Eine Dampfmaschine funktioniert, indem sie Wärme in mechanische Energie umwandelt.

- Eine *Wärmepumpe* (zum Beispiel ein Kühlschrank) funktioniert, indem äußere Arbeit angewendet wird, wodurch Wärme vom Kalten zum Warmen übertragen wird (siehe Abbildung 30).

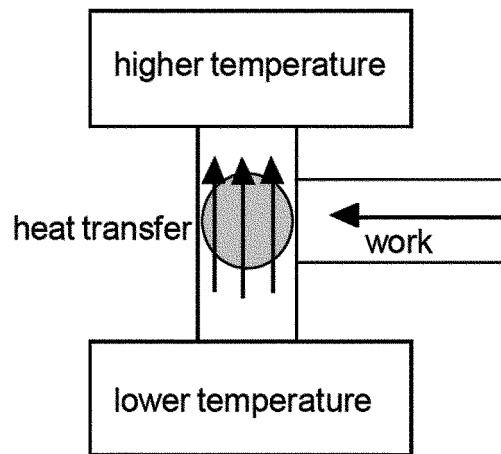


Abbildung 30: Eine Wärmepumpe (zum Beispiel ein Kühlschrank) funktioniert, weil äußere Arbeit angewendet wird.

- In einem *Perpetuum mobile der zweiten Art* wird Wärme vom Kalten zum Warmen übertragen, ohne dass externe Arbeit angewendet wird (siehe Abbildung 31).

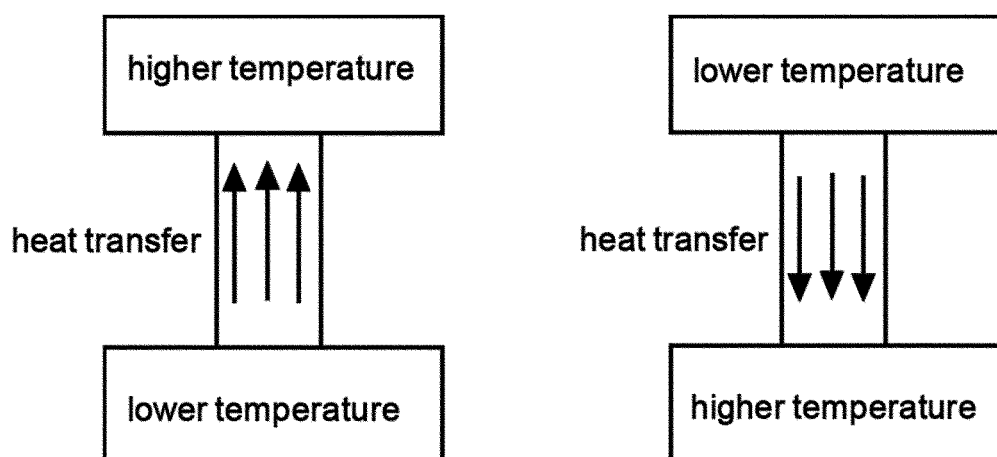


Abbildung 31: Eine Maschine, die Wärme von einem Reservoir niedriger Temperatur in ein Reservoir hoher Temperatur überträgt, ohne dass äußere Arbeit angewendet wird, kann nicht existieren. Ein *Perpetuum mobile der zweiten Art* ist unmöglich.

3.9.3 Ein Paradoxon

Die Verwendung eines *Perpetuum mobile der zweiten Art* findet sich in vielen Pseudo-Erklärungen des angeblichen atmosphärischen CO₂-Treibhauseffekts (siehe Abbildung 32). Sogar prominente Physiker stützen sich auf eine solche Argumentation. Ein Beispiel war die Hypothese von Stichel, die bereits in Abschnitt 3.3.4 diskutiert wurde [134].

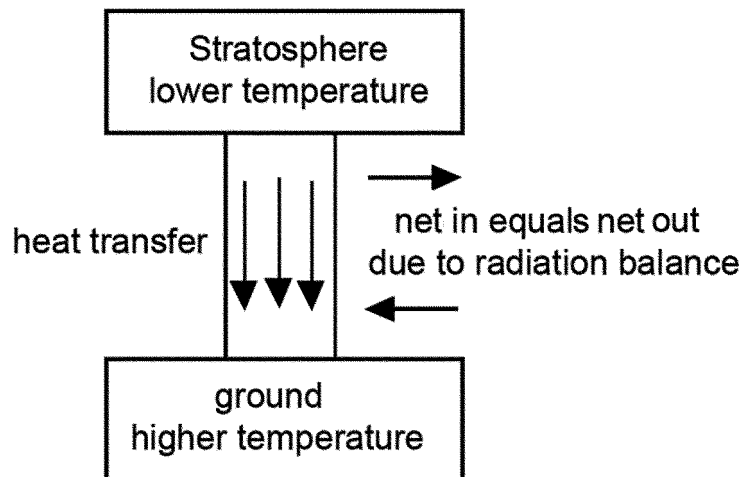


Abbildung 32: Eine Maschine, die Wärme von einem Reservoir niedriger Temperatur (zum Beispiel der Stratosphäre) in ein Reservoir hoher Temperatur (zum Beispiel der bodennahen Atmosphäre oder des Bodens) überträgt, ohne dass äußere Arbeit angewendet wird, kann nicht existieren, selbst wenn sie über die Strahlung an die Umgebung gekoppelt ist, mit der sie im Strahlungsgleichgewicht stehen soll. Ein modernes Klimamodell beschreibt ein solches *Perpetuum mobile der zweiten Art*.

Der renommierte deutsche Klimatologe Rahmstorf behauptet, dass der Treibhauseffekt nicht dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik widerspräche [141]:

„Manche ‘Skeptiker’ behaupten, der Treibhauseffekt könne gar nicht funktionieren, da (nach dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik) keine Strahlungsenergie von kälteren Körpern (der Atmosphäre) zu wärmeren Körpern (der Oberfläche) übertragen werden könne. Doch der 2. Hauptsatz ist durch den Treibhauseffekt natürlich nicht verletzt, da bei dem Strahlungsaustausch in beide Richtungen netto die Energie von warm nach kalt fließt.“

Rahmstorfs Bezug auf den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik ist schlicht falsch. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik ist eine Aussage über Wärme, nicht über Energie! Ferner führt der Autor die obskure Begriffsbildung „Netto-Energie-Fluss“ ein. Die relevante Größe ist allenfalls der „Netto-Wärme-Fluss“, den man als Summe eines aufwärts gerichteten Wärmeflusses und eines abwärts gerichteten Wärmeflusses (unter Berücksichtigung der

Vorzeichen) innerhalb eines festen Systems, hier der Atmosphäre auffassen kann. Es ist unzulässig, den zweiten Hauptsatz für die aufwärts und abwärts transportierte Wärme separat anzuwenden und das thermodynamische System sozusagen im Fluge umzudefinieren. Eine ähnliche Konfusion ist in der aktuellen deutschen Version von Wikipedia zu finden [180]:

„Probleme haben manche mit der Energie, die die Treibhausgase in Richtung Erdoberfläche abstrahlen (150 W/m^2 - wie schon oben genannt), da diese Energie von einem kälteren Körper (etwa $+15^\circ\text{C}$) zu dem wärmeren Körper strahlt und dieses angeblich dem II. Hauptsatz der Thermodynamik widerspreche. Das ist aber eine falsche Interpretation, denn er lässt die Einstrahlung von der Sonne (von sogar 6000 K) unberücksichtigt, in der Bilanz ist wieder der II. Hauptsatz erfüllt.“

Auch hier verwechseln die Autoren wieder Energie mit Wärme. Außerdem ist das zu betrachtende System das atmosphärische System der Erde einschließlich des Erdbodens. Da **angenommen wird, dass es sich im Strahlungsgleichgewicht** mit seiner Umgebung befindet und Austausch von Masse nicht stattfindet, definiert es ein System im Sinne der Thermodynamik.

3.9.4 Eine mögliche Auflösung des Paradoxon

Dass etwas mit Klimamodellen möglich zu sein scheint, was dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik widerspricht, könnte eine Folge einer Approximation sein. In der feldtheoretischen Beschreibung der irreversiblen Thermodynamik erscheint der zweite Hauptsatz als Feststellung, dass die Wärmeflussdichte und der Gradient der Temperatur in entgegengesetzte Richtungen zeigen:

$$\mathbf{q} = -\boldsymbol{\lambda} \cdot \text{grad } T \quad (122)$$

In dieser Formel ist die Wärmeleitung notwendigerweise ein positiv-definit (das heißt: positiver und nicht verschwindender) Tensor. In Klimamodellen ist es üblich, die Wärmeleitfähigkeit der Atmosphäre zu vernachlässigen, was heißt, dass sie gleich Null gesetzt wird [181]:

$$\boldsymbol{\lambda} = \mathbf{0} \quad (123)$$

Dies könnte erklären, weshalb die numerischen Simulationen kleine Effekte im Widerspruch zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik produzieren. Die Wärmeleitung auf Null zu setzen, wäre keine wirkliche Verletzung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik, da es einer Approximation eines idealen Systems entspräche: Trotz Temperaturdifferenzen gäbe es keinen Wärmefluss von einem wärmeren zu einem kälteren Bereich. Es wäre in Harmonie zum zweiten Hauptsatz, wenn es keine Temperaturerhöhung gäbe. In der Vergangenheit zeigten die „Vorhersagen“ manchmal in diese Richtung, wie im Detail zu sehen ist in Abschnitt 3.6.2.

4 Die physikalischen Grundlagen der Klimawissenschaften

4.1 Einführung

Eine fundamentale Theorie des Wetters und der lokalen Mittelwerte seiner Parameter, der Klimaten, muss sich auf einer vernünftigen physikalischen Theorie gründen. Unter der Voraussetzung, dass eine solche Theorie bereits formuliert ist, sind immer noch zwei Probleme zu lösen, nämlich

- die Einbettung einer rein physikalischen Theorie in einen viel umfangreicheren Rahmen, der die chemischen und biologischen Wechselwirkungen im geophysikalischen Bereich mit einschließt,
- die korrekte physikalische Berücksichtigung nicht-trivialer Strahlungseffekte, die weit über den Zugang, der auf dem schwarzen Körper basiert, hinausgeht, und der zwar sehr suggestiv sein mag, aber nicht auf Gase angewendet werden kann.

Eine Übersicht über die Fragestellungen der Chemie und Biologie (wie zum Beispiel des Kohlenstoffzyklus) liegt außerhalb der Perspektive dieser Arbeit, darf aber nicht vernachlässigt werden. In seiner Kritik der Studien der globalen Erwärmung mit Hilfe von Computer-Modellen stellte der bedeutende theoretische Physiker Freeman J. Dyson fest [182]:

„Die Modelle lösen die Gleichungen der Flüssigkeitsdynamik, und sie machen einen sehr guten Job in der Beschreibung der Bewegung der Flüssigkeiten der Atmosphäre und der Ozeane. Sie machen einen sehr schlechten Job in der Beschreibung der Wolken, des Staubes, der Chemie und der Biologie der Felder und der Farmen und Wälder. Sie haben noch nicht einmal damit begonnen, die reale Welt, in der wir leben, zu beschreiben. Die reale Welt ist schlammig und schmutzig und voll von Dingen, die wir nicht verstehen. Für einen Wissenschaftler ist es sehr viel einfacher, in einem vollklimatisierten Gebäude zu sitzen und Computer-Modelle laufen zu lassen, als sich in Winterklamotten zu packen und zu messen, was wirklich draußen passiert, in den Sümpfen und den Wolken. Das ist der Grund, weshalb die Klimamodell-Experten schließlich an ihre eigenen Modelle glauben.“

Es kann sogar gezeigt werden, dass selbst in den engen Grenzen der Theoretischen Physik mit oder ohne Strahlung die Dinge extrem komplex sind, so dass man schnell an einem Punkt ankommt, an dem verifizierbare Vorhersagen nicht mehr gemacht werden können. Solche Vorhersagen aber trotzdem zu machen, kann als eine *Flucht aus der Wissenschaft*, um nicht zu sagen, als *wissenschaftlicher Betrug* aufgefasst werden.

Im Folgenden werden die Erhaltungssätze der Magnetohydrodynamik besprochen. Es ist allgemein angesetzt, dass ein Navier-Stokes-artiger Zugang oder eine vereinfachte Magnetohydrodynamik das Gerüst der klimatologischen Computer-Simulationen darstellt [156, 183, 184]. In diesem Rahmen können weder die Strahlungsbudget-Gleichungen hergeleitet werden, noch strahlungsbedingte Wechselwirkungen in einer konsistenten Weise integriert werden. Daher wäre es konzeptuell notwendig, in das mikroskopische Regime überzugehen, welches beschrieben wird durch eine Nicht-Gleichgewichts-Multi-Spezies-Quantenelektrodynamik von Teilchen, einschließlich Bindungszuständen mit inneren Freiheitsgraden, wobei die reiche Struktur und Koexistenz von Phasen in der Betrachtung natürlicher Situationen berücksichtigt werden müsste. Von diesen nur formal skizzierbaren mikroskopischen *ab initio* Zugängen ist kein Weg der Vergrößerung bekannt, der zur einer Familie realistischer phänomenologischer Klima-Modelle führt [185].

4.2 Die Erhaltungssätze der Magnetohydrodynamik

4.2.1 Übersicht

Der Kern eines Klima-Modells muss ein Satz von Gleichungen sein, welches die Gleichungen der Bewegung von Fluiden beschreibt, nämlich die Navier-Stokes-Gleichungen [183, 184]. Die Navier-Stokes-Gleichungen sind nichtlineare partielle Differentialgleichungen, die im allgemeinen nicht analytisch gelöst werden können. In ganz speziellen Fällen führen die numerischen Methoden zu nützlichen Resultaten, aber es gibt keine Systematik für den allgemeinen Fall. Hinzu kommt, dass der Navier-Stokes-Zugang auf Probleme mit vielen Komponenten ausgedehnt werden müsste, was die Analyse nicht vereinfacht.

Klima-Modellierer akzeptieren oft nicht, dass „Klimamodelle zu komplex und zu unsicher sind, um nützliche Projektionen des Klimawandels zu liefern“ [186]. Vielmehr behaupten sie, dass „die gegenwärtigen Modelle sie befähigen würden, die Ursachen des Klimawandels in der Vergangenheit zuzuordnen und die wesentlichen Gesichtspunkte des zukünftigen Klimas mit einer hohen Zuverlässigkeit vorhersagen können“ [186]. Dieser Anspruch (der nicht die beobachtbaren Größen spezifiziert, die Gegenstand der Vorhersage sind), steht offensichtlich im Widerspruch zu dem, was aus der theoretischen Meteorologie bekannt ist, nämlich der Tatsache, dass die Vorhersagekraft der Wettervorhersage-Modelle ziemlich begrenzt ist und sein muss (das heißt bis auf einige Tage) [187].

Die Nicht-Lösbarkeit von Navier-Stokes-artigen Gleichungen steht in Beziehung zu dem (aber ist nicht beschränkt auf den) chaotischen Charakter der Turbulenz. Aber das ist nicht der einzige Grund, weshalb die Klima-Modellierung nicht auf einer soliden Grundlage aufgebaut werden kann. Gleichmaßen bedeutend ist die Tatsache, dass ein vollständiger Satz von Gleichungen, welcher ein angemessenes Modell des atmosphärischen Systems (um nicht zu sagen, des atmosphärisch-ozeanischen Systems) darstellt, in seiner Gänze gar nicht bekannt ist.

Alle Modelle, die für eine „Simulation“ benutzt werden, sind übervereinfacht. Es liegt in der Natur der Sache, dass sie es sein müssen. Jedoch zeigt ein Satz übervereinfachter nichtlinearer partieller Differentialgleichungen im Allgemeinen ein völlig anderes Verhalten als ein realistischeres komplexeres System. Weil es keine Strategie für eine schrittweise Verfeinerung im Geiste der Renormierungs-(halb-)gruppe gibt, kann man keine sinnvollen Vorhersagen treffen. Die reale Welt ist zu komplex, um durch ein behandelbares System von Gleichungen, die auf dem Computer implementiert werden, geeignet dargestellt zu werden [185]. Die einzig sichere Aussage, die gemacht werden kann, ist, dass die Dynamik des Wetters wahrscheinlich durch eine verallgemeinerte Navier-Stokes-Dynamik beherrscht wird.

Offensichtlich müssen die elektromagnetischen Wechselwirkungen mit einbezogen werden, was direkt zur Disziplin der Magnetohydrodynamik (MHD) führen muss [188–191]. Diese mag als ein Satz von Gleichungen aufgefasst werden, welche alle wesentliche Physik von Flüssigkeit, Gas und Plasma beschreibt.

Im Folgenden werden diese wesentlichen Gleichungen besprochen. Dahinter steckt zweierlei Absicht:

- Erstens sollte eine Bestandsaufnahme darüber gemacht werden, welche Budget-Gleichungen im Falle atmosphärischer physikalischer Systeme wirklich existieren.
- Zweitens sollte die Frage diskutiert werden, wie der mutmaßliche Treibhaus-Mechanismus in den Gleichungen auftaucht und **wo genau** die Kohlendioxid-Konzentration erscheinen muss.

Unglücklicherweise scheint gerade der letztere Aspekt in den Mainstream-Zugängen zur Globalklimatologie verschleiert zu sein.

4.2.2 Erhaltung der elektrischen Ladung

Wie üblich, wird die Erhaltung der elektrischen Ladung durch die Kontinuitätsgleichung

$$\frac{\partial \varrho_e}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{j} = 0 \quad (124)$$

beschrieben, wobei ϱ_e die elektrische (Überschuss-) Ladungsdichte und $\mathbf{j}$ den (externen) Strom bezeichnen.

4.2.3 Erhaltung der Masse

Die Erhaltung der Masse ist durch eine weitere Art der Kontinuitätsgleichung

$$\frac{\partial \varrho}{\partial t} + \nabla \cdot (\varrho \mathbf{v}) = 0 \quad (125)$$

beschrieben, wobei ϱ die Massendichte und $\varrho \mathbf{v}$ die Massenstromdichte bezeichnen.

4.2.4 Die Maxwell-Gleichungen

Die elektromagnetischen Felder werden durch die Maxwellschen Feldgleichungen beschrieben

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \varrho_e \quad (126)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (127)$$

$$(128)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (129)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (130)$$

wobei wir die Standard-Notation verwenden. Sie müssen durch die Materialgleichungen

$$\mathbf{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \mathbf{E} \quad (131)$$

$$\mathbf{B} = \mu \mu_0 \mathbf{H} \quad (132)$$

ergänzt werden, wobei ε and μ als konstant in Raum und Zeit angenommen werden, eine Annahme, die schon von Maxwell gemacht worden war.

4.2.5 Das Ohmsche Gesetz für bewegte Medien

Der elektrische Transport wird durch das Ohmsche Gesetz für bewegte Medien

$$\mathbf{j} - \varrho_e \mathbf{v} = \boldsymbol{\sigma} (\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (133)$$

wobei $\boldsymbol{\sigma}$ der elektrische Leitfähigkeitstensor ist. Ausgedrückt in Termen des elektrischen Widerstandstensors $\boldsymbol{\rho}$ liest sich dies als

$$\boldsymbol{\rho} (\mathbf{j} - \varrho_e \mathbf{v}) = \mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (134)$$

4.2.6 Die Gleichungen für die Impulsbilanz

Die Erhaltung des Impulses wird beschrieben durch eine Impulsbilanzgleichung, auch bekannt als Navier-Stokes-Gleichung

$$\frac{\partial}{\partial t}(\varrho \mathbf{v}) + \nabla \cdot (\varrho \mathbf{v} \otimes \mathbf{v}) = -\nabla p - \varrho \nabla \Phi + \varrho_e \mathbf{E} + \mathbf{j} \times \mathbf{B} + \nabla \cdot \mathbf{R} + \mathbf{F}_{\text{ext}} \quad (135)$$

wobei $\mathbf{v}$ das Vektorfeld der Geschwindigkeit, p das Druckfeld, Φ das Gravitationspotential, $\mathbf{R}$ der Reibungstensor und $\mathbf{F}_{\text{ext}}$ die externen Kraftdichten sind, welche die Coriolis- und Zentrifugal-Beschleunigungen beschreiben können.

4.2.7 Die Gleichungen für die Gesamtenergiebilanz

Die Erhaltung der Energie wird beschrieben durch

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\varrho}{2} |\mathbf{v}|^2 + \frac{1}{2} \mathbf{H} \cdot \mathbf{B} + \frac{1}{2} \mathbf{E} \cdot \mathbf{D} + \varrho \Phi + \varrho u \right) + \\ + \nabla \cdot \left(\frac{\varrho}{2} |\mathbf{v}|^2 \mathbf{v} + \mathbf{E} \times \mathbf{H} + \varrho \Phi \mathbf{v} + \varrho u \mathbf{v} + p \mathbf{v} - \mathbf{v} \cdot \mathbf{R} + \boldsymbol{\lambda} \cdot \nabla T \right) = \\ = \varrho \frac{\partial \Phi}{\partial t} + \mathbf{F}_{\text{ext}} \cdot \mathbf{v} + \mathbf{Q} \end{aligned} \quad (136)$$

wobei u die Dichte der inneren Energie, T das Temperaturfeld und $\boldsymbol{\lambda}$ der thermische Leitfähigkeitstensor ist. Außerdem ist der Term $\mathbf{Q}$ hinzugefügt worden, der die Verteilung einer Wärmedichtequelle bzw. Wärmedichtesenke beschreibt.

4.2.8 Der Poyntingsche Satz

Für Maxwellsche Gleichungen mit raumzeit-unabhängigen ε und μ erhält man folgende Relation

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{1}{2} \mathbf{H} \cdot \mathbf{B} + \frac{1}{2} \mathbf{E} \cdot \mathbf{D} \right) + \nabla \cdot (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) = -\mathbf{j} \cdot \mathbf{E} \quad (137)$$

Diese Relation ist eine Bilanzgleichung. Das Poyntingsche Vektorfeld $\mathbf{E} \times \mathbf{H}$ kann als die Energiestromdichte für das elektromagnetische Feld interpretiert werden.

4.2.9 Die Konsequenzen der Erhaltungssätze

Indem man das Ohmsche Gesetz für bewegte Medien (Gleichung 134) mit $(\mathbf{j} - \varrho_e \mathbf{v})$ multipliziert, erhält man

$$\begin{aligned} (\mathbf{j} - \varrho_e \mathbf{v}) \boldsymbol{\rho} (\mathbf{j} - \varrho_e \mathbf{v}) &= \mathbf{j} \cdot \mathbf{E} + \mathbf{j} \cdot (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) - \varrho_e \mathbf{v} \cdot \mathbf{E} \\ &= \mathbf{j} \cdot \mathbf{E} - \mathbf{v} \cdot (\mathbf{j} \times \mathbf{B}) - \varrho_e \mathbf{v} \cdot \mathbf{E} \end{aligned} \quad (138)$$

was umgeschrieben werden kann als

$$\mathbf{j} \cdot \mathbf{E} = (\mathbf{j} - \varrho_e \mathbf{v}) \boldsymbol{\rho} (\mathbf{j} - \varrho_e \mathbf{v}) + \mathbf{v} \cdot (\mathbf{j} \times \mathbf{B}) + \varrho_e \mathbf{v} \cdot \mathbf{E} \quad (139)$$

Eingesetzt in Poyntings Theorem (Gleichung 137) erhält man

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{1}{2} \mathbf{H} \cdot \mathbf{B} + \frac{1}{2} \mathbf{E} \cdot \mathbf{D} \right) + \nabla \cdot (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) &= \\ &= -(\mathbf{j} - \varrho_e \mathbf{v}) \boldsymbol{\rho} (\mathbf{j} - \varrho_e \mathbf{v}) - \mathbf{v} \cdot (\varrho_e \mathbf{E} + \mathbf{j} \times \mathbf{B}) \end{aligned} \quad (140)$$

Auf der anderen Seite, wenn man das Skalarprodukt mit $\mathbf{v}$ auf die Balancegleichung für den Impuls anwendet (135) erhält man

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\varrho}{2} |\mathbf{v}|^2 \right) + \nabla \cdot \left(\frac{\varrho}{2} |\mathbf{v}|^2 \mathbf{v} \right) &= \\ &= -\mathbf{v} \cdot \nabla p - \varrho \mathbf{v} \cdot \nabla \Phi + \mathbf{v} \cdot (\varrho_e \mathbf{E} + \mathbf{j} \times \mathbf{B}) + \mathbf{v} \cdot (\nabla \cdot \mathbf{R}) + \mathbf{v} \cdot \mathbf{F}_{\text{ext}} \end{aligned} \quad (141)$$

Ersetzt man $\mathbf{v} \cdot (\varrho_e \mathbf{E} + \mathbf{j} \times \mathbf{B})$ durch Gleichung (140) erhält man nach einigen elementaren Manipulationen schließlich

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\varrho}{2} |\mathbf{v}|^2 + \frac{1}{2} \mathbf{H} \cdot \mathbf{B} + \frac{1}{2} \mathbf{E} \cdot \mathbf{D} + \varrho \Phi \right) + \\ & \quad + \nabla \cdot \left(\frac{\varrho}{2} |\mathbf{v}|^2 \mathbf{v} + \mathbf{E} \times \mathbf{H} - \mathbf{v} \cdot \mathbf{R} + p \mathbf{v} + \varrho \Phi \mathbf{v} \right) = \\ & = p \nabla \cdot \mathbf{v} + \varrho \frac{\partial \Phi}{\partial t} - \text{Tr}((\nabla \otimes \mathbf{v}) \cdot \mathbf{R}) - (\mathbf{j} - \varrho_e \mathbf{v}) \boldsymbol{\rho} (\mathbf{j} - \varrho_e \mathbf{v}) + \mathbf{F}_{\text{ext}} \cdot \mathbf{v} \end{aligned} \quad (142)$$

So ist diese Relation eine Konsequenz der fundamentalen Gleichungen der Magnetohydrodynamik. Der Quellterm für die Wärmedichte $\mathbf{Q}$, der Term für die Dichte der inneren Energie u und die Divergenz für den Wärmestrom $\mathbf{q}$ fehlen hier der Einfachheit halber.

4.2.10 Die verallgemeinerte Wärmeleitungsgleichung

Mit

$$du = \frac{p}{\varrho^2} d\varrho + T ds \quad (143)$$

für reversible Prozesse kann man die Dichte der inneren Energie u auf die Dichte der Entropie s reduzieren. Mit Hilfe der Gleichungen (136) und (142) leitet man eine Differentialgleichung für die Entropiedichte s ab:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(\varrho s)}{\partial t} + \nabla \cdot (\varrho s \mathbf{v}) = \\ & = \frac{1}{T} \text{Tr}((\nabla \otimes \mathbf{v}) \cdot \mathbf{R}) + \frac{1}{T} (\mathbf{j} - \varrho_e \mathbf{v}) \boldsymbol{\rho} (\mathbf{j} - \varrho_e \mathbf{v}) \\ & \quad - \frac{1}{T} \nabla \cdot (\boldsymbol{\lambda} \cdot \nabla T) + \frac{\mathbf{Q}}{T} \end{aligned} \quad (144)$$

Dies ist die verallgemeinerte Form der Wärmeleitungsgleichung.

Nur mit künstlichen Wärmedichten $\mathbf{Q}$ in den Gleichungen (144) und (136) kann man eine hypothetische Erwärmung durch Strahlung einbeziehen. **Es gibt keinen Term, der von der Konzentration von Kohlendioxid abhängt.**

4.2.11 Diskussion

Die oben diskutierten Gleichungen umfassen nur ein System von Ein-Flüssigkeitsgleichungen. Man kann (und muss) natürlich Viel-Flüssigkeitsgleichungen niederschreiben. Hinzu kommen außerdem die gemittelten Gleichungen, welche die Turbulenz beschreiben. Um ein realistisches Modell der echten Welt zu erhalten, *müssen* die oben diskutierten Gleichungen so verallgemeinert werden, dass sie

- die Abhängigkeit aller relevanten Koeffizienten von Raum und Zeit,
- die Gegenwart und Koexistenz verschiedener Arten von Flüssigkeiten und Gasen,

- die Inhomogenitäten der Medien, die Mischung und Trennung der Phasen

mit einschließen.

Prinzipiell wären solche Verallgemeinerungen machbar, wenn man die Bereiche der Definition in Stücke zerlegt und die Gleichungen durch die Methode der Patches (Stücke) behandelt, welche geeignete Verträglichkeitsbedingungen untereinander berücksichtigen. So wird der endgültige Grad der Komplexität viel größer sein als der ursprünglich erwartet. Man gelangt schließlich zu einem System von Tausenden von phänomenologischen Gleichungen. Es kann nicht überbetont werden, dass selbst, wenn diese Gleichungen beträchtlich vereinfacht werden, man keine numerischen Lösungen bestimmen kann, selbst für kleine Regionen im Raum und kleine Intervalle in der Zeit. Diese Situation wird sich auch nicht in den nächsten 1000 Jahren ändern, ungeachtet dem Fortschritt, der in der Entwicklung der Computer-Hardware gemacht wird. So können Globalklimatologen Anträge (sog. Proposals) zur Akquise von Forschungsmitteln *ad infinitum* schreiben, um Supercomputer der jeweils nächsten Generation zu beantragen.

- Wenn schon die extrem vereinfachten Einflüssigkeitsgleichungen unlösbar sind, dürften die Vielflüssigkeitsgleichungen noch viel unlösbarer sein.
- Die Gleichungssysteme aber, die noch die Gleichungen für die Mittelwerte der Turbulenz enthalten, noch einmal viel viel unlösbarer, falls „unlösbar“ eine Steigerung hätte.

Abgesehen von dem gewählten Niveau der Komplexität stellen diese Gleichungen das Rückgrat der Simulationen des Klimas dar, oder, in anderen Worten ausgedrückt, die Grundlage von Modellen über die Natur. *Aber selbst das ist nicht wahr.* In diesen Computersimulationen werden Wärmeleitung und Reibung komplett vernachlässigt, weil sie mathematisch durch partielle Differentialgleichungen der zweiten Ordnung beschrieben werden, die nicht auf Gittern mit weiten Maschen repräsentiert werden können. Daher basieren die Computer-Simulationen der Globalklimatologie **nicht auf physikalischen Gesetzen.**

Das gleiche gilt für die Spekulationen über den Einfluss des Kohlendioxids:

- Obwohl das elektromagnetischen Feld in den MHD-artigen global-klimatologischen Gleichungen steckt, gibt es keine Terme, die der Absorption der elektromagnetischen Strahlung entsprechen.
- Es ist sehr schwierig, wenn nicht unmöglich, den Punkt in den MHD-artigen Gleichungen zu finden, wo die Konzentration des Kohlendioxids ins Spiel eintritt.
- Es ist unmöglich, die Strahlungstransportgleichungen (59) in die MHD-artigen klimatologischen Gleichungen zu integrieren.
- Offenbar gibt es keine Referenz in der Literatur, in der die Kohlendioxid-Konzentration in MHD-artigen klimatologischen Gleichungen implementiert wird.

So bleibt nur noch die Möglichkeit, eine hypothetische Erwärmung durch Strahlung als künstliche Wärmequelle Q per Hand in Gleichung (144) hineinzustecken. Aber dieses wäre dazu äquivalent, die „politisch korrekte These“ der menschengemachten Erhöhung der Temperatur schon von Beginn an zu postulieren und sich dabei eine zusätzliche triviale Berechnungen zu sparen.

Im Falle der partiellen Differentialgleichungen sind es die Randbedingungen, die - mehr als die Gleichungen selbst - die Lösungen bestimmen. In der Natur gibt so viele unterschiedliche Transportvorgänge: Strahlungstransport, Wärmetransport, Impulstransport, Massentransport, Energietransport etc., und die verschiedensten Arten von Grenzschichten, statische und bewegte, zwischen Festkörpern, Flüssigkeiten, Gasen und so weiter, für die man die Randbedingungen nicht einmal niederschreiben kann [176, 177].

Mit den „genäherten“ diskretisierten Gleichungen werden künstliche unphysikalische Randbedingungen eingeführt, um zu verhindern, dass das System nicht in unphysikalische Zustände läuft. Solch eine „Berechnung“, die ein beliebiges Resultat liefert, ist keine Berechnung im Sinne der Physik, und somit im Sinne der Wissenschaft. Und es gibt keinen Grund, anzunehmen, dass die Globalklimatologen diese fundamentalen wissenschaftlichen Fakten nicht kennen! Trotzdem erheben sie in ihren Zusammenfassungen für Politiker den Anspruch, sie könnten den Einfluss des Kohlendioxid auf die Klimaten berechnen.

4.3 Wissenschaft und die Modellierung des Globalklimas

4.3.1 Wissenschaft und das Demarkationsproblem

Unter Wissenschaft versteht man jedes System zur Gewinnung objektiven Wissens auf der Grundlage der wissenschaftlichen Methode und einer organisierten Gesamtheit von Kenntnissen [196, 197].

Im Wesentlichen gibt es drei Kategorien von Wissenschaften, nämlich

- formale Wissenschaften (Mathematik),
- Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Biologie)
- Gesellschaftswissenschaften

In den Naturwissenschaften hat man zu unterscheiden zwischen

- *einer Theorie*: ein logisch selbst-konsistenter (in sich schlüssiger) Rahmen, der auf fundamentalen Prinzipien basiert, um das Verhalten bestimmter Naturerscheinungen zu beschreiben;
- *einem Modell*: ein schwächeres Konzept als eine Theorie, das nur bestimmte Aspekte von Naturerscheinungen abdeckt und typischerweise auf einer vereinfachten Arbeitshypothese basiert;

- *einem Naturgesetz*: eine wissenschaftliche Verallgemeinerung basierend auf einer großen Zahl empirischer Beobachtungen, die hinreichend verifiziert sind.
- *einer Hypothese*: eine Behauptung, die weder bewiesen noch durch ein Experiment ausgeschlossen ist oder falsifiziert ist durch Widerspruch zu etablierten Naturgesetzen.

Ein *Konsens*, exakt formuliert ein *Konsens über eine Hypothese*, ist eine Begriffsbildung, die außerhalb der Naturwissenschaften liegt, weil ein Konsens für die objektive Richtigkeit eines physikalischen Gesetzes völlig irrelevant ist:

Wissenschaftlicher Konsens ist wissenschaftlicher Nonsens.

Das *Demarkationsproblem* (Abgrenzungsproblem) besteht darin, eine Grenzlinie um die Wissenschaft zu ziehen, das heißt,

- Wissenschaft von Religion abzugrenzen;
- Wissenschaft von Pseudo-Wissenschaft (das sind betrügerische Systeme, die sich als Wissenschaft ausgeben) abzugrenzen;
- Wissenschaft von Nicht-Wissenschaft im Allgemeinen abzugrenzen;

siehe z.B. [196, 198]. In der Wissenschaftstheorie werden verschiedene Zugänge zur Definition der Wissenschaft diskutiert [196, 197]:

- *Empirismus*²⁵ (*Wiener Kreis*): nur Aussagen über empirische Beobachtungen haben eine Bedeutung, das heißt, wenn eine Theorie verifizierbar ist, dann ist sie wissenschaftlich;
- *Falsifikationismus* (*Popper*): Wenn eine Theorie falsifizierbar ist, dann ist sie wissenschaftlich.
- *Paradigmenwechsel* (*Kuhn*): Im normalen wissenschaftlichen Prozess entstehen Anomalien, die schließlich zu einer Krise führen, aus der ein neues Paradigma erwächst. Die Akzeptanz des neuen Paradigma durch die Wissenschaft (auch verstanden als die Gemeinschaft der Wissenschaftler) kennzeichnet eine neue Demarkationslinie zwischen Wissenschaft und Pseudo-Wissenschaft.
- *Demokratischer bzw. anarchistischer Zugang zu Wissenschaft* (*Feyerabend*): Wissenschaft ist keine autonome Form der Argumentation, sondern untrennbar mit der viel größeren Körperschaft des menschlichen Denkens und Fragens verbunden: „Alles ist erlaubt“.

²⁵auch *logischer Positivismus* oder *Verifikationismus* genannt

Oberflächlich betrachtet, könnte der letzte Punkt als ein Argument aufgefasst werden, welches die Computer-Modellierer geradezu sympatisch erscheinen lassen muss. Jedoch ist es sehr fraglich, ob es tatsächlich in den Rahmen der Physik passt. Svozil bemerkte, dass Feyerabends Verständnis von Physik recht oberflächlich war [199]. Svozil betont:

„Sowohl wegen der Komplexität des Formalismus als auch wegen der sich durch die Befunde ergebenden neuen Herausforderungen, welche die Philosophie links liegen lassen, haben die Physiker in einem sehr allgemeinen Rahmen ihrem Thema eine eigene Bedeutung zugewiesen.“

Physik stellt ein Fundament für die Ingenieurwissenschaften, für Produktion und Wirtschaft dar. So ist der Bürger mit der folgenden Alternative (im eigentlichen Sinne des Wortes als Wahl zwischen zwei Optionen) konfrontiert:

- (a) entweder zu akzeptieren, dass politische und ökonomische Entscheidungen aus einem anarchischen Standpunkt abgeleitet werden, der behauptet, dass es eine Verbindung zu Experiment, Beobachtung und damit der realen Welt gibt, wenn eine solche Verbindung objektiv nicht besteht;
- (b) oder die Ableitung von politischen und wirtschaftlichen Entscheidungen von überprüfbaren Forschungsergebnisse im Rahmen der Physik abhängig zu machen, wo eine Verbindung von Experiment und Beobachtung, und somit der realen Welt besteht.

Offensichtlich definiert die Option (b) einen pragmatischen Zugang zur Wissenschaft. Es ist ein Minimum gemeinsamer Merkmale, auf die sich Ingenieure, Manager und Politiker stützen können. Im Rahmen der exakten Wissenschaften sollte eine Theorie

- (a) logisch konsistent sein;
- (b) mit Beobachtungen verträglich sein;
- (c) auf der Grundlage empirischer Evidenz (der Erfahrung) stehen;
- (d) sparsam in der Anzahl der Annahmen sein;
- (e) die Phänomene (Erscheinungen) erklären;
- (f) in der Lage sein, Vorhersagen zu machen;
- (g) falsifizierbar und überprüfbar sein,
- (h) mindestens für Fachkollegen reproduzierbar sein,
- (i) korrigierbar sein;

- (j) verfeinerbar sein;
- (k) vorläufig sein;
- (l) verständlich für andere Wissenschaftler sein.

Können diese Kriterien von Computer-Modellen im Rahmen der globalen Klimatologie jemals erfüllt werden?

4.3.2 Bewertung der Klimatologie und der Klimamodellierung

Im Kontrast zur Meteorologie untersucht die Klimatologie das gemittelte Verhalten des lokalen Wetters. Es gibt verschiedene Teilgebiete, wie zum Beispiel die Paläoklimatologie, die historische Klimatologie oder jene Klimatologie, die sich statistischer Verfahren bedient. Sie alle passen mehr oder minder in den Bereich der Wissenschaft. Das Problem ist, wie die Klimamodellierung einzuordnen ist, insbesondere wenn sie sich auf der einen Seite auf die chaotische Dynamik bezieht, auf der anderen Seite auf die Treibhaus-Hypothese.

Die Gleichungen, die in Abschnitt 4.2 diskutiert wurden, mögen eine Idee davon geben, wie die endgültigen Gleichungen für das atmosphärische und/oder das ozeanische System auszu-sehen haben. Es wurde schon hervorgehoben, dass die Gleichungssysteme in einer realistischen-ren, wenn auch immer noch phänomenologischen Beschreibung riesig sein werden. Aber selbst wenn man die Struktur der Gleichungen vereinfacht, kann man ihre Lösungen nicht numerisch bestimmen, und dies wird sich nicht ändern, wenn man sich auf kleine Raum-Zeit-Bereiche beschränkt.

Es gibt ernste Fragen der Lösbarkeit in der Theorie der nicht-linearen partiellen Differentialgleichungen. Der Mangel an numerischen Rezepten, die zu hinreichend genauen Resultaten führen, wird in näherer und ferner Zukunft aus fundamentalen mathematischen Gründen bestehen bleiben. Die Navier-Stokes- Gleichungen sind so etwas wie der heilige Gral der Theoretischen Physik. Brute-Force- (rohe Gewalt-) Diskretisierung mit Hilfe von Gittern mit weiten Maschen führt zu Modellen, die nichts mit dem Original-Puzzle zu tun haben. Sie haben damit keinen Vorhersagewert.

In Problemen, die partielle Differentialgleichungen beinhalten, bestimmen die Randbedingungen die Lösungen mehr als die Gleichungen selbst. Die Einführung einer Diskretisierung entspricht einer Einführung von künstlichen Randbedingungen, eine Prozedur, die am besten durch von Storch's Feststellung charakterisiert wird: „Die Diskretisierung *ist* das Modell“ [200]. In diesem Kontext wäre die korrekte Aussage eines mathematischen oder theoretischen Physikers: „Eine Diskretisierung ist ein Modell mit unphysikalischen Randbedingungen.“ Diskretisierungen von Kontinuumsproblemen sind erlaubt, wenn es zugleich eine Strategie gibt, schrittweise Verfeinerungen zu berechnen. Ohne eine solche Renormierungsgruppenanalyse führt eine endliche Approximation nicht zu einer physikalischen Schlussfolgerung. In Ref. [200]

jedoch machte von Storch deutlich, dass dies in keiner Weise seine Strategie ist: Er nimmt die Gleichungen mit endlichen Differenzen so, wie sie sind. Die würde ein grotesker Standpunkt sein, wenn man die Wärmeleitungsgleichung betrachtete, die übrigens größte Bedeutung für das vorliegende Problem hat. Sie ist eine partielle Differentialgleichung zweiter Ordnung und kann nicht durch ein Modell endlicher Differenzen ersetzt werden, bei dem die Gitterkonstanten von der Größenordnung einiger Kilometer sind.

Allgemein gesprochen: Es ist *unmöglich*, Differentialgleichungen für die gemittelten Funktionen und somit eine nicht-lineare Dynamik von Mittelwerten zu formulieren [192–195].

So gibt es keine physikalische Begründung der Computer-Modelle für das „globale Klima“, für die immer noch das Chaos-Paradigma gilt: Selbst im Falle der wohlbekannten deterministischen Dynamik gilt: Nichts ist vorhersagbar [201]. Dass die Diskretisierung weder eine physikalische, noch eine mathematische Basis hat, ist eine Lektion, die man schon in der Diskussion der logistischen Differentialgleichung lernt. Deren Kontinuumslösungen unterscheiden sich fundamental von den Lösungen des diskreten Modells [202, 203].

Die moderne globale Klimatologie hat Fakt und Phantasie durcheinander gebracht und tut dies weiterhin, indem sie das Konzept des Szenario eingeführt hat, welches das Konzept des (prognosefähigen) Modells ersetzt, siehe zum Beispiel Ref. [29]. Eine klare Definition, was Szenarien sein sollen, findet sich in der folgenden Textpassage:

„Zukünftige Treibhausgasemissionen sind das Produkt von sehr komplexen dynamischen Systemen. die durch treibende Kräfte wie die demographische Entwicklung, die sozio-ökonomische Entwicklung und den technologischen Wandel bestimmt werden. Die zukünftige Entwicklung ist völlig unsicher. Szenarios sind alternative Bilder, wie die Zukunft sich entwickeln könnte, und sind ein geeignetes Werkzeug, wie die treibenden Kräfte die zukünftigen Emissionswerte beeinflussen und wie man die damit verknüpften Unsicherheiten bestimmen kann. Sie unterstützen die Analyse des Klimawandels, einschließlich der Klimamodellierung und der Bewertung der Auswirkungen, der Anpassung und des Klimaschutzes. Die Möglichkeit, das ein einzelner Emissionspfad, wie er in den Szenarien beschrieben ist, tatsächlich eintritt, ist in höchstem Maße unsicher.

Offensichtlich ist dies die Beschreibung einer pseudo-wissenschaftlichen (das heißt nicht-wissenschaftlichen) Methode durch die Experten des IPCC. Die nächste Meta-Ebene jenseits der Methode der Physik wäre eine Umfrage unter Wissenschaftlern, die allerdings schon von Hans von Storch durchgeführt wurde [204]. Am Ende steht dann eine demokratische Abstimmung über die Gültigkeit eines physikalischen Gesetzes. Exakte Wissenschaften werden ersetzt durch eine soziologische Methode unter Anwendung statistischer Feldanalysen oder gar durch „demokratische“ Regeln der Ordnung. Dieses passt zur Definition von Wissenschaft, die auf der „wissenschaftlichen“ Website *RealClimate.org* gepflegt wird, in der Hetze, persönliche

Angriffe und die Beleidigungen von Autoren Teil des „wissenschaftlichen“ Arbeitsflusses geworden sind.

4.3.3 Schlussfolgerung

Einer statistischen Analyse von Vorgängen in der Natur, egal, wie anspruchsvoll sie ist, müssen physikalische Modelle zugrunde liegen. Wenn aber die letzteren *schlicht falsch* sind, dann führt die Analyse zu *gar nichts*. Man kann nicht etwas entdecken oder zuordnen, was aus prinzipiellen Gründen nicht existiert - wie der atmosphärische CO₂-Treibhauseffekt!

Es gibt so viele ungelöste und unlösbare Probleme der Nicht-Linearität, und die Computer-Klimatologen glauben offensichtlich, sie alle mit lächerlich groben Näherungen erschlagen zu können. Dies führt zwangsläufig zu unphysikalischen Resultaten, die nachträglich durch mystische Methoden korrigiert werden müssen - Flusskontrolle in der Vergangenheit, obskure „Ensemble“-Mittelwerte über die Resultate verschiedener Klimainstitute in der Gegenwart, oder gar, indem man Resultate, die wider Erwarten eine globale Kühlung zeigen, einfach per Hand ausschließt [154]. Dieses setzt die vom Treibhaus inspirierten global-klimatologische Tradition der *physikalisch bedeutungslosen* Mittelwerte und der *physikalisch bedeutungslosen* Anwendungen der mathematischen Statistik nahtlos fort.

Zusammenfassend muss gesagt werden: Die Herleitung von Aussagen über eine angeblich durch CO₂ verursachte menschengemachte globale Erwärmung liegt **außerhalb jeder Wissenschaft**.

5 Resümee des Physikers

5.1 Die wesentlichen Punkte

Eine gründliche Diskussion des planetaren Wärmeübertragungsproblems im Rahmen der Theoretischen Physik und Ingenieurthermodynamik führt zu den folgenden Resultaten:

1. Es gibt keine gemeinsamen physikalischen Gesetze zwischen dem Erwärmungsphänomen in Glashäusern und dem fiktiven atmosphärischen Treibhauseffekt (egal in welcher Version), welche die relevanten physikalischen Phänomene erklären. Die Begriffe „Treibhauseffekt“ und „Treibhausgase“ sind *bewusste Fehlbenennungen*.
2. Es gibt keine Berechnungen welche die durchschnittliche Oberflächentemperatur eines Planeten bestimmen könnten
 - mit oder ohne Atmosphäre,
 - mit oder ohne Rotation,
 - mit oder ohne Infrarotlicht absorbierenden Gase.

Die häufig erwähnte Differenz von 33 °C für den fiktiven Treibhauseffekt ist eine bedeutungslose Zahl.

3. Jegliche Strahlungsbilanz für den durchschnittlichen Strahlungsfluss ist völlig irrelevant für die Bestimmung der bodennahen Lufttemperatur und ebenso für ihren Durchschnittswert.
4. Durchschnittliche Temperaturwerte können nicht identifiziert werden mit der vierten Wurzel der Durchschnittswerte der vierten Potenz der absoluten Temperaturen.
5. Strahlung und Wärmeflüsse bestimmen nicht die Temperaturverteilungen und ihre Durchschnittswerte.
6. Re-Emission ist nicht Reflektion. Re-Emission kann in keiner Weise die bodennahe Luft gegen den wirklichen Wärmefluss erwärmen ohne mechanische Arbeit.
7. Die Temperaturanstiege in den Klimamodellrechnungen werden durch ein *Perpetuum mobile der zweiten Art* erklärt. Dies ist möglich, weil man in den atmosphärischen Modellen die Wärmeleitung gleich Null setzt. Dies ist eine unphysikalische Annahme. Es wäre kein Perpetuum mobile der zweiten Art mehr, wenn man die „durchschnittliche“ Strahlungsbilanz, die ohnehin keine physikalische Rechtfertigung hat, aufgeben würde.

8. Nach Schack (1972) ist Wasserdampf für den wesentlichen Anteil der Absorption des Infrarot-Strahlung der Atmosphäre der Erde verantwortlich [98]. Der Bereich der Wellenlängen der Strahlung, welche von Kohlendioxid absorbiert wird, ist nur ein kleiner Teil des vollständigen Infrarot-Spektrums und ändert sich nicht wesentlich, wenn dessen Partialdruck erhöht wird.
9. Infrarot-Absorption heißt nicht „Rückwärmung“. Eher führt sie zu einem Abfall der Temperatur der bestrahlten Oberfläche.
10. In den Strahlungstransport-Modellen unter der Annahme eines lokalen thermodynamischen Gleichgewichts (*Local Thermodynamic Equilibrium, LTE*) geht man davon aus, dass die absorbierte Strahlung in die Wärmebewegung aller Gasmoleküle umgewandelt wird. Bei den niedrigen Temperaturen der Atmosphäre der Erde gibt es keine selektive Re-Emission von Infrarot-Strahlung.
11. In den Klimamodellen werden die planetaren und astrophysikalischen Mechanismen nicht angemessen berücksichtigt. Die zeitliche Abhängigkeit der Gravitationsbeschleunigung durch den Mond und der Sonne (also der Einfluss der Gezeiten, sprich: hohe und niedrige Tide) und die lokale geographische Situation können nicht angemessen berücksichtigt werden.
12. Nachweis- und Zuordnungsstudien (*detection and attribution studies*), Vorhersagen von Computer-Modellen in chaotischen Systemen und das Konzept der Analyse von Szenarien liegen außerhalb der exakten Wissenschaften, insbesondere der Theoretischen Physik.
13. Die Wahl einer geeigneten Diskretisierungsmethode und die Definition von geeigneten dynamischen Zwangsbedingungen (Fluss-Steuerung), die integraler Bestandteil der Computer-Modellierung geworden sind, sind nichts anderes als eine weitere Form des *Fittens* von Datenkurven (das ist eine Anpassung von Kurven an gegebene Daten durch Ausgleichsrechnung). Der mathematische Physiker von Neumann sagte einst einem seiner jungen Mitarbeiter: „Wenn Sie mir vier freie Parameter geben, kann ich ein mathematisches Modell konstruieren, dass exakt das beschreibt, was ein Elefant tun kann. Wenn Sie mir erlauben, einen fünften Parameter hinzuzufügen, so wird das Modell vorhersagen, dass der Elefant fliegen kann.“ (cf. Ref. [185].)
14. Operatoren mit höheren partiellen Ableitungen (zum Beispiel der Laplace-Operator) können niemals auf Gittern mit weiten Maschen dargestellt werden. Schon daher ist die Beschreibung der Wärmeleitung in globalen Computer-Modellen unmöglich. Die Wärmeleitungsgleichung wird nicht angemessen dargestellt auf Gittern mit weiten Maschen. Sie kann es grundsätzlich nicht werden.

15. Computer-Modelle von höher-dimensionalen chaotischen Systemen, die am besten durch nicht-lineare partielle Differentialgleichungen (Navier-Stokes-Gleichungen) beschrieben werden, unterscheiden sich fundamental von Berechnungen, in denen die Störungstheorie anwendbar ist und schrittweise Verbesserungen der Vorhersagen - im Zuge der Erhöhung der Rechenleistung - möglich sind.
16. Die Klimaforschung bezieht sich auf eine falsche Interpretation der Unvorhersagbarkeit des Chaos als Schmetterlingsphänomen („schon der Flügelschlag eines Schmetterlings beeinflusst die spätere Entwicklung schwerwiegend“) als eine weitere Bedrohung der Gesundheit unseres Planeten.

Mit anderen Worten: Schon der natürliche Treibhauseffekt ist ein Mythos jenseits jeder physikalischen Realität. Der CO₂-Treibhauseffekt jedoch ist ein „Wunder“ [205].

Die Horror-Visionen der ansteigenden Meeresspiegel, abschmelzenden Polkappen und entstehenden Wüsten in Nordamerika und Europa sind *fiktive Konsequenzen* von *fiktiven physikalische Mechanismen*, weil sie nicht einmal in Klimamodellrechnungen gesehen werden können. Die Entstehung von Hurricans und Tornados kann nicht von Klimamodellen vorhergesagt werden, weil diese Abweichungen von vornherein ausgeschlossen sind.

Die Hauptstrategie der modernen CO₂-Treibhausgas-Verteidigern liegt offensichtlich darin, sich selbst hinter mehr und mehr Pseudo-Erklärungen zu verstecken, die nicht Teil der akademischen Ausbildung, erst recht nicht Teil der Physik-Ausbildung sind. Ein gutes Beispiel sind die Strahlungstransport-Gleichungen, die nicht vielen bekannt sind. Ein anderes Beispiel sind die sogenannten Rückkopplungsmechanismen, die eingeführt worden sind, um Effekte zu verstärken, die nicht nur marginal sind, sondern überhaupt nicht existieren.

Es offensichtlich, dass die Verteidiger der CO₂-Treibhaus-Hypothese es ablehnen, reproduzierbare Berechnungen vorzulegen. Statt dessen stützen sie sich auf nicht-reproduzierbare Berechnungen. Ein theoretischer Physiker muss hier das Fehlen an Transparenz rügen. Er muss auch den Stil der wissenschaftlichen Diskussion kritisieren, in der Vertreter der Treibhaus-These behaupten, die Diskussion sei abgeschlossen. Andere wiederum diskreditieren gerechtfertigte Argumente als eine Diskussion über „Fragen von Gestern und Vorgestern“.²⁶

In den exakten Wissenschaften, insbesondere in der Theoretischen Physik, ist die Diskussion niemals abgeschlossen und ist im Prinzip fortzusetzen *ad infinitum*, selbst wenn Beweise der betreffenden Theoreme verfügbar sind. Eine grundlegende Regel sollte mindestens erfüllt sein, auch in wissenschaftlichen Disziplinen, die methodisch so weit voneinander entfernt sind, wie Physik und Meteorologie: Die Resultate und Schlussfolgerungen sollten mindestens unter Experten verständlich und reproduzierbar sein. Und es sollte streng unterschieden werden zwischen einer Theorie und einem Modell auf der einen Seite, und zwischen einem prognosefähigem Modell und einem Szenario auf der anderen Seite. Dieser Unterschied lässt sich aus

²⁶eine Phrase, die von Storch verwendete Ref. [1]

der Wissenschaftstheorie ableiten.

Letztlich heißt das, dass wenn Schlussfolgerungen auf Computer-Simulationen mehr als einfältige Spekulationen sein sollen, die betreffenden physikalischen Grundgleichungen stets kritisch geprüft werden müssen, und zwar

- hinsichtlich ihrer numerischen Stabilität,
- hinsichtlich der Abschätzung der Effekte möglicher Veränderungen vager Eingabe-Parameter,
- hinsichtlich ihrer Vereinfachungen.

Nicht die Kritiker haben die Effekte einer Approximation abzuschätzen, sondern die Wissenschaftler, welche die Computer-Simulationen durchführen.

„Globale Erwärmung ist gut . . . Der Netto-Effekt einer globalen Erwärmung ist positiv.“ (Singer).²⁷ Wie auch immer, es ist extrem interessant, die Dynamik und die Ursachen der Langzeit-Fluktuationen der Klimaten zu verstehen. Jedoch war es nicht Zweck dieser Arbeit, alle Aspekte der Klima-Variabilität zu behandeln.

5.2 Zusammenfassung

Der Punkt, der hier diskutiert werden sollte, war die Beantwortung der Frage, ob der behauptete atmosphärische Effekt eine physikalischen Basis hat. Die ist nicht der Fall. Zusammenfassend gesagt, gibt es keinen Treibhauseffekt, insbesondere keinen atmosphärischen CO₂-Treibhauseffekt, weder in der Theoretischen Physik, noch in der Ingenieurthermodynamik. Es ist daher nicht legitim, daraus Vorhersagen herzuleiten und sie als Beratungslösung für Ökonomie und regierungsübergreifende Politik zu verkaufen.

²⁷cf. Singer's Resümee auf der Konferenz in Stockholm 2006 [1].

6 Zu dieser deutschen Übersetzung

In dieser Übersetzung - auf ausdrücklichen Wunsch vieler deutschsprachiger Interessenten an der Thematik verfasst -, wurde selbstverständlich darauf geachtet, den Sinn des Originals zu erhalten, auch wenn es manchmal für die bessere Lesbarkeit notwendig war, von der wörtlichen Transkription leicht abzuweichen. Entdeckte Tippfehler der Originalversion (Errata) wurden korrigiert.

7 Dankeswort

Diese Arbeit ist

- (a) dem verstorbenen Professor Subrahmanyan Chandrasekhar gewidmet, den R.D.T. 1991 in Chicago traf,
- (b) dem verstorbenen Professor Carl Friedrich von Weizsäcker, einem geschätzten und verehrten Diskussionspartner beider Autoren
- (c) dem verstorbenen investigativen Wissenschaftsjournalist Holger Heuseler, dem G.G. wertvolle Informationen über dieses Thema verdankt.

Beide Autoren möchten sich gerne einer Reihe von Personen für Diskussionen, E-Mail-Austausch und Unterstützung auf verschiedenen Entwicklungsstufen dieser Arbeit erkenntlich zeigen, speziell

StD Dipl.-Biol. Ernst-Georg Beck, H. J. Labohm, Professor B. Peiser, Dipl.-Ing. H. Thieme, Dipl.-Met. Dr. phil. Wolfgang Thüne und Professor A. Zichichi (CERN)

für die Zusendung des Manuskripts seines Vortrags, der er auf der Vatikan-Konferenz gehalten hat. Mrs. S. Feldhusen sei für ihre erste Übersetzung von Ref. [104] besonders gedankt.

Gerhard Gerlich möchte gerne seine Dankbarkeit all denjenigen gegenüber ausdrücken, die zu seinen Studien direkt oder indirekt beigetragen haben: Studenten, Institutsangehörige, Assistenten in Lehre und Forschung, die seine Texte kritisch gelesen und einige erfolgreiche Literaturrecherchen durchgeführt haben. Insbesondere schuldet er folgenden Diplom-Physikern großen Dank:

Dr. V. Blahnik, Dr. T. Dietert, Dr. M. Guthmann, Dr. F. Hoffmann, Dr. G. Linke, Dr. K. Pahlke, Dr. U. Schomäcker, H. Bade, M. Behrens, C. Bollmann, R. Flögel, StR D. Harms, J. Hauschildt, C. Mangelsdorf, D. Osten, M. Schmelzer, A. Söhn und G. Törö, dem **Dipl.-Bauing. FH und Architekten P. Bossert** und Dipl.-Ing. K. Fischer.

Insbesondere ist Gerhard Gerlich dem Herrn Dr. G.-R. Weber dankbar, weil er ihn frühzeitig auf den hervorragenden DOE-Bericht von 1985 hingewiesen hat [91], an dem praktisch kein deutscher Autor beteiligt war. Schließlich möchte er seine Freude über die vielen interessierten Laien zum Ausdruck bringen, die seine Vorträge, Briefe und Kommentare zur Kenntnis genommen haben.

Ralf D. Tscheuschner dankt all seinen Studierenden an Universitäten und Fachhochschulen, und insbesondere seinen Schülerinnen und Schülern in der Erwachsenenbildung, die einen Stapel Fragen formuliert und gesammelt haben, insbesondere Elvir Donlić. Er dankt Professor A. Bunde für E-Mail-Korrespondenz. Schließlich dankt er Dr. M. Dinter, C. Kloeß, M.

Köck, R. Schulz für interessante Diskussionen, und Professor H. Graß für eine aufschlussreiche Diskussion nach seinem Vortrag am 2. Februar 2007 im Planetarium Hamburg.

Für das Korrekturlesen durch M. Mross und Dr. M. Dinter und für die Übersetzung der Arbeit von Fourier aus dem Jahre 1824, zu Beginn durch die von Melanie Willer geleitete Schülerinnen-und-Schüler-Gruppe und schließlich von Dr. M. Dinter sei ebenfalls gedankt.

Die Autoren möchten ihre Hoffnung zum Ausdruck bringen, dass in den Schulen auf dieser Welt die Grundlagen der Physik richtig unterrichtet werden und nicht, indem preisgekrönte „Al Gore“-Filme in Hollywood-Machart für den Unterricht verwendet werden, die jeden aufrechten Physiker schockieren, weil sie in einfältiger bzw. manipulativer Weise Absorption/Emission mit Reflektion, die Tropopause mit der Ionosphäre und Mikrowellen mit Kurzwellen durcheinander bringen.

8 In stillem Gedenken

Noch vor Fertigstellung dieser Übersetzung verstarb der erste Autor dieser Arbeit nach schwerer Krankheit. Ralf D. Tscheuschner trauert nun um seinen wissenschaftlichen Diskussionspartner und Lehrer, geschätzten Freund und Co-Autor, dem Universitätsprofessor

Dr. rer. nat. Gerhard Gerlich (* 6.4.1942 † 8.11.2014)

Er wird die vielen Diskussionen bei seinen Besuchen in Braunschweig in Erinnerung behalten, bei denen auch der Humor nicht zu kurz kam. Eine Bemerkung von Professor Gerlich bleibt unvergesslich (als Anspielung auf ein Steckenpferd eines prominenten norddeutschen Klimaforschers), nämlich dass - verglichen mit den globalen Klimamodellen - Donald Duck geradezu realitätsnah ist.



Abbildung 33: Die Physiker Professor Dr. Gerhard Gerlich (links im Bild) und Dr. Ralf D. Tscheuschner am 16. Juli 2007 im Hause der Familie Gerlich in Braunschweig (Photo: Frau Monika Gerlich)

Abbildungsverzeichnis

1	Die Geometrie der klassischen Strahlung: Eine strahlende infinitesimale Fläche $d\mathbf{F}_1$ und eine bestrahlte infinitesimale Fläche $d\mathbf{F}_2$ im Abstand $\mathbf{r}$	19
2	Zwei parallele Flächen mit Abstand a	20
3	Die Geometrie der klassischen Strahlung: Zwei gegeneinander strahlende Flächen.	23
4	Die Strahlung eines schwarzen Körpers verglichen mit der Strahlung eines farbigen Probekörpers. Die nicht-universelle Konstante σ ist so normalisiert, dass beide Kurven bei $T = 290$ K zusammenfallen. Das Stefan-Boltzmann T^4 -Gesetz gilt nicht länger im letzten Fall, indem nur über zwei Bänder integriert wird, nämlich über das sichtbare Licht und über die infrarote Strahlung von $3\ \mu\text{m}$ bis $5\ \mu\text{m}$, was zu einer steileren Kurve führt.	24
5	Das Spektrum des Sonnenlichts unter der Annahme, dass die Sonne ein schwarzer Körper der Temperatur $T = 5780$ K ist.	24
6	Die ungefilterte spektrale Verteilung der auf die Erde einkommenden Sonnenstrahlung unter der Annahme, dass die Sonne ein schwarzer Körper ist mit der Temperatur $T = 5780$ K (links: im Wellenlängen-Raum, rechts: im Frequenz-Raum).	26
7	Die exakte Position der Nullstellen der partiellen Ableitungen der Strahlungsintensitäten der auf der Erde eintreffenden Sonnenstrahlung. (links: im Wellenlängenraum, rechts: im Frequenzraum).	26
8	Die ungefilterte spektrale Verteilung der Strahlung des Bodens unter der Annahme, dass die Erde ein schwarzer Körper ist mit Temperatur $T = 290$ K (links: im Wellenlängenraum, rechts: im Frequenzraum).	27
9	Die Strahlungsintensität des Bodens <i>und</i> seine partielle Ableitung als eine Funktion der Wellenlänge λ (linke Spalte) und der Frequenz ν (rechte Spalte).	28
10	Drei Versionen der Familien von Strahlungskurven für die Bodenstrahlung (als Funktion der Wellenzahl k , der Frequenz ν und der Wellenlänge λ) unter der Annahme, dass die Erde ein schwarzer Körper sei.	29
11	Die ungefilterte spektrale Verteilung der auf der Erde ankommenden Sonnenstrahlung unter der Annahme, dass die Sonne ein schwarzer Körper ist mit Temperatur $T = 5780$ K <i>und</i> die ungefilterte spektrale Verteilung der Bodenstrahlung unter der Annahme, dass die Erde ein schwarzer Körper ist mit Temperatur $T = 290$ K, <i>beide</i> in einem Diagramm (links: normal, right: überhöht um einen Faktor von 10 für die Bodenstrahlung).	30

12	Die ungefilterte spektrale Verteilung der auf der Erde ankommenden Sonnenstrahlung unter der Annahme, dass die Sonne ein schwarzer Körper ist mit Temperatur $T = 5780\text{ K}$ <i>und</i> die ungefilterte spektrale Verteilung der Bodenstrahlung unter der Annahme, dass die Erde ein schwarzer Körper ist mit Temperatur $T = 290\text{ K}$, <i>beide</i> in einem semi-logarithmischen Diagramm (links: normalisiert in einer Weise, dass gleiche Flächen gleichen Intensitäten entsprechen, rechts: überhöht um einen Faktor 10 für die Bodenstrahlung).	31
13	Die ungefilterte spektrale Verteilung der auf der Erde ankommenden Sonnenstrahlung unter der Annahme, dass die Sonne ein schwarzer Körper ist mit Temperatur $T = 5780\text{ K}$ <i>und</i> die ungefilterte spektrale Verteilung der Strahlung des Bodens unter der Annahme, dass die Erde ein schwarzer Körper ist mit Temperatur $T = 290\text{ K}$, <i>beide</i> in einem semi-logarithmischen Diagramm (links: normalisiert in einer Weise, dass gleiche Flächen gleichen Intensitäten entsprechen mit einer zusätzlichen Re-Skalierung der Sonnenschein-Kurve um einen Faktor von 1/3.5, rechts: überhöht um einen Faktor von 68 für die Bodenstrahlung).	31
14	Ein Parallelepipet der Dicke d und des Querschnitts F unter Sonnenbestrahlung.	34
15	Ein Auszug aus Seite 28 des DOE-Reports (1985).	52
16	Ein sehr populärer physikalischer Fehler, dargestellt im Film „An Inconvenient truth“ (Eine unbequeme Wahrheit) von Davis Guggenheim mit Al Gore (2006).	53
17	Eine Cavity, die einen ideal schwarzen Körper realisiert.	55
18	Die erste Seite der Arbeit von Fourier aus dem Jahre 1824.	59
19	Die erste Seite der Arbeit von Arrhenius aus dem Jahre 1896.	60
20	Auszug (a) aus der Arbeit von Arrhenius aus dem Jahre 1906.	61
21	Auszug (b) aus der Arbeit von Arrhenius aus dem Jahre 1906.	62
22	Auszug (c) aus der Arbeit von Arrhenius aus dem Jahre 1906.	63
23	Ein schematisches Diagramm, welches die global gemittelten Anteile der Energiebilanz der Erde beschreiben soll. Diagramme dieser Art widersprechen der Physik	67
24	Ein der Sonnenstrahlung ausgesetzter Globus.	71
25	Der rotierende Globus.	76
26	Ein rotierender Globus mit geneigter Drehachse.	78
27	Die Abkühlungskurve für einen strahlenden Standardwürfel.	80
28	Ein einfaches Wärmetransportproblem.	82
29	Eine Dampfmaschine funktioniert, indem sie Wärme in mechanische Energie umwandelt.	86
30	Eine Wärmepumpe (zum Beispiel ein Kühlschranks) funktioniert, weil äußere Arbeit angewendet wird.	87

- 31 Eine Maschine, die Wärme von einem Reservoir niedriger Temperatur in ein Reservoir hoher Temperatur überträgt, ohne dass äußere Arbeit angewendet wird, kann nicht existieren. Ein *Perpetuum mobile der zweiten Art* ist unmöglich. 87
- 32 Eine Maschine, die Wärme von einem Reservoir niedriger Temperatur (zum Beispiel der Stratosphäre) in ein Reservoir hoher Temperatur (zum Beispiel der bodennahen Atmosphäre oder des Bodens) überträgt, ohne dass äußere Arbeit angewendet wird, kann nicht existieren, selbst wenn sie über die Strahlung an die Umgebung gekoppelt ist, mit der sie im Strahlungsgleichgewicht stehen soll. Ein modernes Klimamodell beschreibt ein solches *Perpetuum mobile der zweiten Art*. 88
- 33 Die Physiker Professor Dr. Gerhard Gerlich (links im Bild) und Dr. Ralf D. Tscheuschner am 16. Juli 2007 im Hause der Familie Gerlich in Braunschweig (Photo: Frau Monika Gerlich) 110

Tabellenverzeichnis

1	Atmosphärische Konzentration von Kohlendioxid in Volumenanteilen pro Million (1958 - 2007).	7
2	Drei Versionen einer idealisierten Erdatmosphäre und ihre Gas-Volumen-Konzentrationen einschließlich der für diese Arbeit gewählten Arbeitshypothese. .	8
3	Massendichten von Gasen bei atmosphärischem Normaldruck (101.325 kPa) und Standardtemperatur (298 K).	9
4	Volumenprozent versus Massenprozent: Die Volumenkonzentrationen x_v und die Massenkonzentrationen x_m der gasförmigen Bestandteile einer idealisierten Erdatmosphäre.	9
5	Wärmeleitfähigkeiten für die gasförmigen Bestandteile der Erdatmosphäre bei Normaldruck (101.325 kPa).	10
6	Isobare Wärmekapazitäten c_p , relative molare Massen M_r , isochore Wärmekapazitäten $c_v \approx c_p - R/M_r$ mit universeller Gas-Konstante $R = 8.314472 \text{ J/mol K}$, Massendichten ρ , Wärmeleitfähigkeiten λ , und isochore Temperaturleitfähigkeiten a_v der gasförmigen Bestandteile der Erdatmosphäre bei Normaldruck (101.325 kPa). 10	
7	Die Berechnung der isochoren Temperaturleitfähigkeit $a_v = \lambda/(\rho c_v)$ der Luft und deren gasförmigen Bestandteile für die gegenwärtige CO_2 -Konzentration (0.06 Mass %) und für die fiktiv verdoppelte CO_2 -Konzentration (0.12 Mass %) bei Normaldruck (101.325 kPa).	11
8	Der prozentuale Anteil des ultravioletten, sichtbaren und infraroten Sonnenlichts.	25
9	Gemessene Temperaturen innerhalb und außerhalb des Wagens an einem heißen Sommertag.	33
10	Effektive Temperaturen $T_{\text{Earth's ground}}$ in Abhängigkeit von dem phänomenologischen Normalisierungsparameter ϵ	69
11	Effektive „Durchschnitts“-Temperaturen T_{ground} in Abhängigkeit von dem phänomenologischen Normalisierungsparameter ϵ einschließlich eines geometrischen Faktors 0.25.	70
12	Zwei Arten von „Durchschnitts“-Temperaturen T_{eff} und T_{phys} in Abhängigkeit von dem Emissivitätsparameter ϵ miteinander verglichen.	72
13	Ein Beispiel für eine gemessene Temperaturverteilung, aus der eine zugeordnete effektive Strahlungstemperatur ausgerechnet wird. Die letztere entspricht der vierten Wurzel aus dem Mittel der vierten Potenzen.	75

Literatur

- [1] P. Stilbs, Organizing chairman, *Global Warming - Scientific Controversies in Climate Variability*, International seminar meeting at The Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden, September 11-12th, 2006, <http://gamma.physchem.kth.se/~climate/>
- [2] R. Alley *et al.*, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis - Summary for Policymakers* (Intergovernmental Panel of Climate Change 2007), <http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>
- [3] H. Svensmark and E. Friis-Christensen, "Variation of Cosmic Ray Flux and Global Cloud Coverage: A Missing Link in Solar-Climate Relationships", *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* **59**, 1225-1232 (1997)
- [4] K. P. Heiss, "Globale Erwärmung - Globaler Winter: was sagen die Daten? [Global Warming - Global Winter: What does the data tell us?]", <mailto:Klaus-p-heiss@msn.com>
- [5] M. E. Mann and P. D. Jones, "Global surface temperatures over the past two millenia", *Geophysical Research Letters* **30**, 5-1 – 5-4 (2003)
- [6] W. Soon and S. Baliunas, "Lessons & Limits of Climate History: Was the 20th Century Climate Unusual?" The George C. Marshall Institute, Washington D.C., 2003
- [7] S. R. Weart, *The Discovery of Global Warming* (Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 2004), <http://www.aip.org/history/climate/>
- [8] J. P. Hardy, *Climate Change. Causes, Effects, and Solutions* (John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, England, 2003)
- [9] D. T. Avery and S. F. Singer, *Unstoppable Global Warming - Every 1500 Years* (Publisher: Rowman & Littlefield Publishers, Inc., Lanham MD, 2006)
- [10] L. F. Khilyuk and G. V. Chilingar, "On global forces of nature driving the Earths climate. Are humans involved?", *Environ. Geol.* **50**, 899-910 (2006)
- [11] E. J. Wegman *et al.*, "Ad Hoc Committee Report on the 'Hockey Stick' Gobal Climate Reonstruction" (1996), http://republicans.energycommerce.house.gov/108/home/07142006_Wegman_Report.pdf
- [12] Z. Jaworowski, "CO₂: The Greatest Scientific Scandal of Our Time", *EIR Science* March 16, 38-53 (2007)

- [13] Pontifical Council for Justice and Peace, *Climate Change and Development. International Conference*. The Vatican, 26-27 April 2007, http://www.justpax.it/eng/home_eng.html
- [14] D. R. Lide, *CRC Handbook of Chemistry and Physics, 83th Edition* (CRC Press LLC, Boca Raton, 2002)
- [15] T. J. Blasing and K. Smith, "Recent Greenhouse Gas Concentrations", http://cdiac.esd.ornl.gov/pns/current_ghg.html
- [16] Anonymous, "The Engineering Toolbox", http://www.engineeringtoolbox.com/air-properties-d_156.html
- [17] E.-G. Beck, "180 Years of atmospheric CO₂ Gas Analysis by Chemical Methods", *Energy & Environment* **18**, 259-282 (2007)
- [18] E.-G. Beck, "180 Years of atmospheric CO₂ Gas Analysis by Chemical Methods", Erratum, <http://www.biokurs.de/treibhaus/180CO2/erratum.doc>
- [19] H. B. Callen, *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics. Second edition* (John Wiley & Sons, New York 1985)
- [20] K. Huang, *Statistical Mechanics* (John Wiley & Sons, New York 1987)
- [21] E. V. Evans and C. N. Kenney, "A Flow Method for Determining the Thermal Conductivity of Gas Mixtures", *Nature* **203**, 184-185 (1964)
- [22] AAAS, "AAAS Board Statement on Climate Change", American Association for the Advancement of Sciences, 9 December 2006, <http://www.aaas.org/climate>
- [23] J.T. Houghton *et al.*, *Climate Change 1990: The IPCC Scientific Assessment - Report Prepared for IPCC by Working Group I* (University Press, Cambridge, 1990)
- [24] J.T. Houghton *et al.*, *Scientific Assessment of Climate Change - The Policymakers' Summary of the Report of Working Group I of the Intergovernmental Panel of Climate Change* (WHO, IPCC, UNEP, 1990)
- [25] J.T. Houghton *et al.*, *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment - Report Prepared for IPCC by Working Group I* (University Press, Cambridge, 1992)
- [26] J.T. Houghton *et al.*, *Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and An Evaluation of the IS92 Emission Scenarios - Report of Working Groups I and III of the IPCC* (University Press, Cambridge, 1990)

- [27] J.T. Houghton *et al.*, *Radiative Forcing of Climate Change: The 1994 Report of the Scientific Assessment Working Group of IPCC - Summary for Policymakers* (WHO, IPCC, UNEP, 1994)
- [28] J.T. Houghton *et al.*, *Climate Change 1995: The Science of Climate Change - Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report* (University Press, Cambridge, 1996)
- [29] N. Nakićenović *et al.*, *Emission Scenarios - A Special Report of Working Group III of the IPCC* (University Press, Cambridge, 2000)
- [30] J.T. Houghton *et al.*, *Climate Change 2001: The Scientific Basis - Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report* (University Press, Cambridge, 2001)
- [31] J. Stefan, “Über die Beziehung zwischen der Wärmestrahlung und der Temperatur [On the relation between heat radiation and temperature]”, *Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften* **79**, 391-428 (Wien 1879)
- [32] L. Boltzmann, “Ableitung des Stefan’schen Gesetzes, betreffend die Abhängigkeit der Wärmestrahlung von der Temperatur aus der electromagnetischen Lichttheorie [Derivation of Stefan’s law with respect to the dependence of heat radiation on temperature from the electromagnetic theory of light]”, *Annalen der Physik und Chemie* **22**, 291-294 (1884)
- [33] M. Planck, “Ueber das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum [On the law of distribution of energy in the normal spectrum]”, *Verhandlungen Deutsche Physikalische Gesellschaft* **2**, 202-204 and 237-239 (1900)
- [34] M. Planck, “Ueber das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum [On the law of distribution of energy in the normal spectrum]”, *Annalen der Physik* **4**, 553-563 (1901)
- [35] G.B. Rybicki and A. P. Lightman, *Radiative Processes in Astrophysics* (John Wiley & Sons, New York, 1979)
- [36] S. E. Virgo, “Loschmidt’s Number”, *Science Progress* **27**, 634-649 (1933)
- [37] J. Fourier, “Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires”, *Mémoires de l’Académie Royale des Sciences* **7**, 569-604 (1824)
- [38] J. Fourier, “Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires”, *Annales de Chemie et de Physique* **27**, 136-167 (1824)

- [39] J. Tyndall, “On the Absorption and Radiation of Heat by Gases and Vapours ...”, *Philosophical Magazine ser. 4* **22** 169-194 (1861)
- [40] J. Tyndall, “On Radiation through the Earth’s Atmosphere”, *Philosophical Magazine ser. 4* **25**, 200-206 (1863)
- [41] J. Tyndall, “On the Relation of Radiant Heat to Aqueous Vapor”, *Philosophical Magazine ser. 4* **26**, 30-54 (1863)
- [42] J. Tyndall, *Contributions to Molecular Physics in the Domain of Radiant Heat* (Appleton, New York, 1873)
- [43] J. Tyndall, “Further Researches on the Absorption and Radiation of Heat by Gaseous Matter (1862)” in *Contributions to Molecular Physics in the Domain of Radiant Heat* (Appleton, New York, 1873), pp. 69-121.
- [44] S. Arrhenius, “On the Influence of Carbonic Acid in the Air Upon the Temperature of the Ground”, *Philosophical Magazine* **41**, 237-276 (1896)
- [45] S. Arrhenius, “Über Die Wärmeabsorption Durch Kohlensäure Und Ihren Einfluss Auf Die Temperatur Der Erdoberfläche [On heat absorption of carbonic acid and its influence on the temperature of Earth’s surface]”, *Förhandlingar Svenska Vetenskapsakademiens* **58**, 25-58 (1901)
- [46] S. Arrhenius, “Die vermutliche Ursache der Klimaschwankungen” [The possible cause for climate variability], *Meddelanden från K. Vetenskapsakademiens Nobelinstitut*, **1** (2), 1 (1906)
- [47] G. S. Callendar, “The Artificial Production of Carbon Dioxide and Its Influence on Climate”, *Quarterly J. Royal Meteorological Society* **64**, 223-240 (1938)
- [48] G. S. Callendar, “The Composition of the Atmosphere through the Ages”, *Meteorological Magazine* **74**, 33-39 (1939)
- [49] G. S. Callendar, “Variations in the Amount of Carbon Dioxide in Different Air Currents”, *Quarterly J. Royal Meteorological Society* **66**, 395-400 (1940)
- [50] G. S. Callendar, “Infra-Red Absorption by Carbon Dioxide, with Special Reference to Atmospheric Radiation”, *Quarterly J. Royal Meteorological Society* **67**, 263-275 (1941)
- [51] G. S. Callendar, “Can Carbon Dioxide Influence Climate?” *Weather* **4**, 310-314 (1949)
- [52] G. S. Callendar, “On the Amount of Carbon Dioxide in the Atmosphere”, *Tellus* **10**, 243-248 (1958)

- [53] G. S. Callendar, "Temperature Fluctuations and Trends over the Earth", *Quarterly J. Royal Meteorological Society* **87**, 1-12 (1961)
- [54] C. D. Keeling, "The Concentration and Isotopic Abundances of Carbon Dioxide in the Atmosphere", *Tellus* **12**, 200-2003 (1960)
- [55] C. D. Keeling, "The Carbon Dioxide Cycle: Reservoir Models to Depict the Exchange of Atmospheric Carbon Dioxide with the Ocean and Land Plants" in *Chemistry of the Lower Atmosphere*, edited by S. I. Rasool, pp. 251-329 (Plenum, New York, 1973)
- [56] C. D. Keeling *et al.*, "Atmospheric Carbon Dioxide Variations at Mauna Loa Observatory", *Tellus* **28**, 538-551 (1976)
- [57] C. D. Keeling, "The Influence of Mauna Loa Observatory on the Development of Atmospheric CO₂ Research" in *In Mauna Loa Observatory. A 20th Anniversary Report. (National Oceanic and Atmospheric Administration Special Report, September 1978)*, edited by John Miller, pp. 36-54 (NOAA Environmental Research Laboratories, Boulder, CO, 1978)
- [58] C. D. Keeling *et al.*, "A Three-Dimensional Model of Atmospheric CO₂ Transport Based on Observed Winds" in *Aspects of Climate Variability in the Pacific and the Western Americas (AGU Monograph 55)*, edited by David H. Peterson, pp. 165-363 (American Geophysical Union, Washington DC, 1989)
- [59] C. D. Keeling *et al.*, "Increased Activity of Northern Vegetation Inferred from Atmospheric CO₂ Measurements", *Nature* **382**, 146-149 (1996)
- [60] C. D. Keeling, "Rewards and Penalties of Monitoring the Earth", *Annual Review of Energy and the Environment* **23**, 25-82 (1998)
- [61] F. Albrecht, "Strahlungsumsatz in Wolken [Radiative Transfer in Clouds]", *Meteorologische Zeitschrift* **50**, 478-486 (1988)
- [62] F. Albrecht, "Untersuchungen über die spektrale Verteilung der Himmelsstrahlung und die Strahlungsbilanz der Atmosphäre [Investigation on the spectral distribution of the radiation of the sky and the radiative balance of the atmosphere]", *Meteorologische Zeitschrift* **52**, 454-452 (1935)
- [63] F. Albrecht, "Intensität und Spektralverteilung der Globalstrahlung bei klarem Himmel [Intensity and spectral distribution of the global radiation in case of a clear sky]", *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklima* **B3**, 220-243 (1951)

- [64] E.F. Barker and A. Adel, “Resolution of the Two Difference Bands of CO₂ Near 10 μ ”, *Phys. Rev.* **44**, 185-187 (1933)
- [65] F. Baur and H. Philips, “Der Wärmehaushalt der Lufthülle der Nordhalbkugel im Januar und Juli und zur Zeit der Äquinoktien und Solstitien. 1. Mitteilung: Die Einstrahlung bei normaler Solarkonstante [The heat budget of the atmosphere of the northern hemisphere in January and July and during Equinoxes and Solstices. First Communication: The Irradiation in case of a normal solar constant]”, (*Gerlands*) *Beiträge zur Geophysik* **42**, 159-207 (1934)
- [66] F. Baur and H. Philips, “Der Wärmehaushalt der Lufthülle der Nordhalbkugel im Januar und Juli und zur Zeit der Äquinoktien und Solstitien. 2. Mitteilung: Ausstrahlung, Gegenstrahlung und meridionaler Wärmetransport bei normaler Solarkonstante [The heat budget of the atmosphere of the northern hemisphere in January and July and during Equinoxes and Solstices. Second Communication: Radiation, backradiation and meridional heat transport in case of a normal solar constant]”, (*Gerlands*) *Beiträge zur Geophysik* **45**, 81-132 (1935)
- [67] R. D. Cess, “Intercomparison and Interpretation of Climate Feedback Processes in 19 Atmospheric General Circulation Models”, *J. Geophysical Research* **95**, 16601-16615 (1990)
- [68] A.R. Curtis and R.M. Goody, “Thermal Radiation in the upper atmosphere”, *Proc. Roy. Soc. London* **A236**, 193-206 (1956)
- [69] E. de Bary, K. Bullrich, and F. Möller, “Beiträge zur Erklärung von Himmelsfarbe und Helligkeit [Contributions to the explanation of the color and brightness of the sky]”, *Zeitschrift für Meteorologie* **8**, 303-309 (1954)
- [70] E. Gold, “The Isothermal Layer of the Atmosphere and Atmospheric Radiation”, *Proc. Roy. Soc. London* **A82**, 43-70 (1909)
- [71] J. Gribbin (Ed.), *Climatic Change* (University Press, Cambridge, 1978)
- [72] G. Hofmann, “Zur Darstellung der spektralen Verteilung der Strahlungsenergie [On the representation of the spectral distribution of radiation energy]”, *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklima* **B6**, 274-279 (1955)
- [73] S. Manabe and R.F. Strickler, “Thermal Equilibrium of the Atmosphere with Convective Adjustment”, *J. Atmosph. Sciences* **21**, 361-385 (1964)
- [74] S. Manabe and R.T. Wetherald, “Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity”, *J. Atmosph. Sciences* **24**, 241-259 (1967)

- [75] S. Manabe, “Climate and the Ocean Circulation: I. The Atmospheric Circulation and the Hydrology of the Earth’s Surface”, *Monthly Weather Review* **97**, 739-774 (1969)
- [76] S. Manabe, “Climate and the Ocean Circulation: II. The Atmospheric Circulation and the Effect of Heat Transfer by Ocean Currents”, *Monthly Weather Review* **97**, 775-805 (1969)
- [77] S. Manabe and R.T. Wetherald, “On the Distribution of Climate Change Resulting from an Increase in CO₂ Content of the Atmosphere”, *J. Atmosph. Sciences* **37**, 99-118 (1980)
- [78] P.E. Martin and E.F. Barker, “The Infrared Absorption Spectrum of Carbon Dioxide”, *Phys. Rev.* **37**, 291-303 (1932)
- [79] R. Mecke, “Über Zerstreuung und Beugung des Lichtes durch Nebel und Wolken [On the diffusion and refraction of the light by fog and clouds]”, *Ann. d. Physik* **65**, 257-273 (1921)
- [80] F. Möller and R. Mügge, “Gesamte und zonale nächtliche Gegenstrahlung als Mittel zur Gewinnung aerologischer Aufschlüsse [Total and zonal backradiation by night as a means to acquire aerological knowledge]”, *Beiträge zur Physik der (freien) Atmosphäre* **20**, 220-233 (1933)
- [81] F. Möller, “Labilisierung von Schichtwolken durch Strahlung [Labilization of status clouds by radiation]”, *Meteorologische Zeitschrift* **60**, 212-213 (1948)
- [82] F. Möller, “Zur Erklärung der Stratosphärentemperatur [On the explanation of the temperature of the stratosphere]”, *Die Naturwissenschaften* **31**, 148 (1943)
- [83] F. Möller, “Ein Kurzverfahren zur Bestimmung der langwelligen Ausstrahlung dicker Atmosphärenschichten [A brief procedure for determination of the longwave eradiation thick atmospheric layers]”, *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklima* **A7**, 158-169 (1954)
- [84] F. Möller, “Strahlung der unteren Atmosphäre [Radiation of the lower atmosphere]”, *Handbuch der Physik* **48**, 155-253 (1959)
- [85] F. Möller and S. Mannabe, “Über das Strahlungsgleichgewicht der Atmosphäre [On the radiative balance of the atmosphere]”, *Z. f. Meteorologie* **15**, 3-8 (1961)
- [86] R. Mügge and F. Möller, “Zur Berechnung von Strahlungsströmen und Temperaturänderungen in Atmosphären von beliebigem Aufbau [On the calculation of the radiation currents and temperature changes in atmospheres with arbitrary structure]”, *Zeitschrift für Geophysik* **8**, 53-64 (1932)

- [87] C. Schaefer and B. Philipps, “Das Absorptionsspektrum der Kohlensäure und die Gestalt der CO₂-Molekel [The absorption spectrum of carbonic acid and the structure of the CO₂ molecules]”, *Z. für Physik* **36**, 641-656 (1926)
- [88] M. Wimmer, “Über die Beeinflussung der ultraroten Kohlensäureabsorptionsbande bei 4,27 μ durch fremde Gase und ihre Anwendung zur Gasanalyse [On the influence of the ultrared carbonic acid absorption band at 4,27 μ by strange gases and their application to gas analysis]” *Annalen der Physik* **81**, 1091-1112 (1926)
- [89] F. Möller, *Einführung in die Meteorologie: Physik der Atmosphäre I [Introduction to Meteorology: Physics of the Atmosphere I]* (Bibliographisches Institut, Mannheim, 1973)
- [90] F. Möller, *Einführung in die Meteorologie: Physik der Atmosphäre II [Introduction to Meteorology: Physics of the Atmosphere II]* (Bibliographisches Institut, Mannheim, 1973)
- [91] M. C. MacCracken and F. M. Luther (Ed.), “Projecting the Climatic Effects of Increasing Carbon Dioxide”, United States Department of Energy, DOE/ER 0237, Dec. 1985
- [92] C. Kittel, *Thermal Physics* (W.H. Freeman and Company, New York, 1980, 21st Printing 2000)
- [93] S. Chandrasekhar, *Radiative Transfer* (Dover Publications, Inc., New York, 1960)
- [94] H. Albert, *Treatise on Critical Reason* (Princeton University Press, Princeton 1985)
- [95] A. Schack, *Der industrielle Wärmeübergang [The industrial heat transfer]* (Verlag Stahleisen m.b.H., Düsseldorf, 1. Auflage 1929, 8. Auflage 1983).
- [96] F. Kreith, R. F. Boehm, *et. al.*, “Heat and Mass Transfer”, in *Mechanical Engineering Handbook*, ed. Frank Kreith, (CRC Press LLC, Boca Raton, 1999)
- [97] C. E. Baukal, Jr., *Heat Transfer in Industrial Combustion* (CRC Press LLC, Boca Raton, 1999)
- [98] A. Schack, *Der Einfluß des Kohlendioxid-Gehaltes der Luft auf das Klima der Welt*, [The influence of the carbon dioxide content of the air on the climate of the world] *Physikalische Blätter* **28**, 26-28 (1972)
- [99] J. D. Jackson, *Classical Electrodynamics* (John Wiley & Sons, New York, 1962)
- [100] Anonymous, “Efficient Windows Collaborative - Your Gateway to Information on How to choose Energy-Efficient Windows”, <http://www.efficientwindows.org>

- [101] W. Weizel, *Lehrbuch der Theoretischen Physik [Textbook on Theoretical Physics]* (Springer, Berlin, 1963)
- [102] S. Bakan and E. Raschke, “Der natürliche Treibhauseffekt [The natural greenhouse effect]” *Promet (Deutscher Wetterdienst)* **28**, Heft 3/4, 85-94 (2002)
- [103] F. M. Luther and R. G. Ellingson, “Carbon Dioxide and the Radiation Budget” in *Projecting the Climatic Effects of Increasing Carbon Dioxide*, pp. 25–55, United States Department of Energy, DOE/ER 0237, Dec. 1985
- [104] G. Gerlich, “Physical foundations of the greenhouse effect and fictitious greenhouse effects”, Talk (In German), *Herbstkongress der Europäischen Akademie für Umweltfragen: Die Treibhaus-Kontroverse*, Leipzig, 9. - 10. 11. 1995
- [105] G. Gerlich, “Physical and mathematical laws in global climatology”, Talk (In German), *Klimawandel - menschlich bedingt oder aufgebauscht? Friedrich Naumann Stiftung und Rudolf von Bennigsen Stiftung*, Göttingen, 15. 5. 2004
- [106] G. Gerlich, “On the physics and mathematics of global climate models”, Talk (In German), *Kyoto - Klimaprognosen - Aussagekraft der Modelle und Handlungsstrategien, Theodor-Heuss-Akademie*, Gummersbach, 20. 2. 2005
- [107] G. Gerlich, “Climate, Energy and Catastrophies”, Talk (In German), *MIT Mittelstands- und Wirtschaftsvereinigung der CDU, Stadtverband Erkrath*, Erkrath 19. 10. 2005
- [108] G. Gerlich, “On the Physics and Mathematics of global climate models”, Talk (In German), *German Chemical Society (GDCh) Colloquium*, Münster 21. 05. 2007
- [109] R. Lee, “The ‘greenhouse’ effect” *J. Appl. Meteor.* **12**, 556-557 (1973)
- [110] E. X. Berry, “Comment on ‘greenhouse’ effect”, *J. Appl. Meteor.* **13**, 603-604 (1974)
- [111] C.-D. Schönwiese and B. Diekmann, *Der Treibhauseffekt [The Greenhouse Effect]* (Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1987)
- [112] R. W. Wood, “Note on the Theory of the Greenhouse”, *Philosophical magazine* **17** 319-320 (1909)
- [113] M. D. H. Jones and A. Henderson-Sellers, “History of the greenhouse effect”, *Progress in physical geography* **14** (1), 1-18 (1990)
- [114] J. Schloerer, “Climate change: some basics”, <http://www.faqs.org/faqs/sci/climate-change/basics/>

- [115] W. M. Connolley, “Science (related to climate change)”, http://www.wmconnolley.org.uk/sci/wood_rw.1909.html
- [116] H. Graßl, “Zwischen Eiszeit und globaler Erwärmung [Between iceage and global warming]”, Talk, Planetarium Hamburg, 02. Feb. 2007
- [117] Anonymous, “The Greenhouse Conspiracy”, SBS Television Australia (also shown on Channel4, UK) 1990
- [118] H. W. Elsaesser, “The Climate Effect of CO₂: A Different View”, *Atmos. Env.* **18**, 431-434 (1984)
- [119] W. Thüne, *The Greenhouse Swindle* (In German, Edition Steinherz, Discovery Press, Saarbrücken, 1998)
- [120] W. Thüne, *Aquittal for CO₂* (In German, Edition Steinherz, Discovery Press, Saarbrücken, 2002)
- [121] H. Hug, *Die Angsttrompeter [Those who play the trumpet of fear]* (Signum Verlag, München, 2006)
- [122] Anonymous, “The great global warming swindle”, Channel4, UK, Channel 4, Thursday 8 March, 9pm, 2007
- [123] Anonymous, “Mojib Latif”, <http://www.mopo.de/info/suche/web/index.html?keyword=Mojib%20Latif>
- [124] J. A. Businger, “The glasshouse (greenhouse) climate” in *Physics of Plant Environment*, W. R. Van Wijk, Ed. (North Holland Publishing Co., Amsterdam, 1963)
- [125] R. G. Fleagle and J. A. Businger, *An Introduction to Atmospheric Physics* (Academic Press, New York, 1963)
- [126] R. E. Munn, *Descriptive Micrometeorology* (Academic Press, New York, 1966)
- [127] B. Lee, “Effects of tent-type enclosures on the microclimate and vaporization of plant cover”, *Oecologica Plantarum* **1**, 301-326 (1966)
- [128] A. Miller, *Meteorology* (Merrill Books, Ohio, Columbus, 1966)
- [129] S. Pettersen, *Introduction to Meteorology* (McGraw-Hill, New York, 1958)
- [130] W. D. Sellers, *Physical Climatology* (The University of Chicago Press, Chicago, 1965)
- [131] J.-H. Chang, *Climate and Agriculture* (Aldine Puhl, Chicago, 1968)

- [132] F.-W. Cole, *Introduction to Meteorology* (Wiley, New York, 1970)
- [133] Anonymous, *Meyer's Enzyklopädisches Lexikon Bd. 10* (Bibliographisches Institut, Mannheim, 1974)
- [134] P.C. Stichel, Letter to Westfalenblatt, 1995 (unpublished)
- [135] Anonymous, "Stellungnahme der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft zu den Grundlagen des Treibhauseffektes [Statement of the German Meteorological Society on the foundation of the Greenhouse Effect]" (1995), <http://www.dmg-ev.de/gesellschaft/aktivitaeten/pdf/treibhauseffekt.pdf>
- [136] H. Graßl, "'Treibhausgase' haben deutlichen Einfluss ['Greenhouse gases' have a significant influence]", *Handelsblatt* **141**, 18 (1996)
- [137] C.D. Ahrens, *Essentials of Meteorology: In Invitation to the Atmosphere. 3rd Edition* (Thomson Books / Cole, Belmont, CA, 2001)
- [138] D. Basu, *Dictionary of Geophysics, Astrophysics, and Astronomy* (CRC Press, Boca Raton, 2001)
- [139] P. Murdin (Ed.), *Encyclopaedia of Astronomy and Astrophysics* (Nature Publishing Group, New York, 2001)
- [140] Anonymous, "The Greenhouse Effect", in *Encyclopaedia Britannica Online*, <http://www.britannica.com/eb/article-9037976/greenhouse-effect>
- [141] S. Rahmstorf, "Responses to Readers' Letters" (In German, 23.03.2007), http://www.pik-potsdam.de/~stefan/leser_antworten.html
- [142] M. C. Mac Cracken, "Carbon Dioxide and Climate Change: Background and Overview" in *Projecting the Climatic Effects of Increasing Carbon Dioxide*, pp. 25–55, United States Department of Energy, DOE/ER 0237, Dec. 1985
- [143] *Journal of Irreproducible Results*, <http://www.jir.com/>
- [144] Al Gore, *An Inconvenient Truth: The Planetary Emergency of Global Warming and What We Can Do About It* (Melcher Media/Rodale Publishing, New York, 2006)
- [145] D. Guggenheim, *An Inconvenient Truth*, <http://www.climatecrisis.net>
- [146] M. Lewis, *A Skeptic's Guide to An Inconvenient Truth* (Competitive Enterprise Institute, Washington, 2006), http://www.cei.org/pages/ait_response.cfm

- [147] K. G. Budden, *Radio Waves in the Ionosphere* (Cambridge University Press, England, 1966)
- [148] W. O. Schumann, “Über die strahlungslosen Eigenschwingungen einer leitenden Kugel, die von einer Luftschicht und einer Ionosphärenhülle umgeben ist [On the radiationless selfoscillations of a conduction sphere, that is surrounded by an air layer and an ionosphere]”, *Zeitschrift für Naturforschung* **7a**, 149-154 (1952)
- [149] M. Fullekrug, “Atmospheric electromagnetics and climate change” in C. Boutron (Ed.), *ERCA 7: From Regional Climate Modelling to the Exploration of Venus*. Grenoble, France, 2 November 2006. *J. Phys. IV France (Proceedings)*, **139**, 157-166 (2006)
- [150] D. Atlas (Ed.), “Radar in Meteorology” in *AMS Battan Memorial Volume*, American Meteorological Society (1990)
- [151] M. Born and E. Wolf, *Principles of Optics: Electromagnetic Theory of Propagation, Interference and Diffraction of Light. 6th Edition* (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1997)
- [152] S.H. Schneider, “On the Carbon Dioxide Climate Confusion”, *J. Atmospheric Sciences* **32**, 2060-2066 (1975)
- [153] W. Heuseler, Private Communication (1996)
- [154] D.A. Stainforth *et al.*, “Uncertainty in predictions of the climate responses to rising levels of greenhouse gases”, *Nature* **433**, 403-406 (2005)
- [155] U. Cubasch, B.D. Sauter, and G.C. Hegel, “Klimamodelle - Wo stehen wir? [Climate Models - where do we stand?]”, *Phys. Blätter* **4**, 269-276 (1995)
- [156] K. McGuffie and A. Henderson-Sellers, *A Climate Modelling Primer* (John Wiley & Sons, West Sussex, England, 2006)
- [157] Anonymous, “Climate Change Experiment Results”, <http://www.bbc.co.uk/sn/climateexperiment/>
- [158] C R. Paul, *Fundamentals of Electric Circuit Analysis* (John Wiley & Sons Canada Ltd., Mississauga, Ontario, 2001)
- [159] C. Itzykson and J.-B. Zuber, *Quantum Field Theory* (McGraw-Hill Education, New York, 1980)
- [160] Anonymous, “SysML - Open Source Specification Project”, <http://www.sysml.org/>

- [161] A. P. Balachandran and E. Ercolessi, “Statistics on Networks”, *Int. J. Mod. Phys.* **A7**, 4633-4654 (1992)
- [162] R. D. Tscheuschner, S. Hoch, E. Leschinsky, C. Meier, S. Theis, and A. D. Wieck, “Robustness of the quantum Hall effect, sample size versus sample topology, and quality control management of III-V molecular beam epitaxy”, *Int. J. Mod. Phys.* **B12**, 1147-1170 (1998)
- [163] C. G. Montgomery, R. H. Dicke, E. M. Purcell, *Principles of Microwave Engineering* (McGraw-Hill, New York, 1948)
- [164] N. Marcuvitz, *Waveguide Handbook* (Peter Peregrinus Ltd, London, 1986)
- [165] O. Hölder, “Über einen Mittelwertsatz [On a mean value theorem]”, *Nachr. Ges. Wiss. Göttingen*, **1889**, 38-47 (1889)
- [166] G. H. Hardy, J. E. Littlewood, G. Pólya, *Inequalities* (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1934)
- [167] E. F. Beckenbach and R. Bellman, *Inequalities* (Springer, Berlin, 1983)
- [168] L.P. Kuptsov, “Hölder inequality” in *SpringerLink Encyclopaedia of Mathematics* (Springer-Verlag, Heidelberg - Berlin - New York, 2001), <http://eom.springer.de/H/h047514.htm>
- [169] C. Essex, R. McKittrick, B. Andresen, “Does a Global Temperature Exist?” *J. Non-Equil. Thermodyn.* **32**, 1-27 (2007)
- [170] H. Bauer, *Wahrscheinlichkeitstheorie und Grundzüge der Maßtheorie [Measure and Integration Theory]* (Walter De Gruyter, Berlin, 1964)
- [171] H. Bauer and R. B. Buckel, *Measure and Integration Theory*, Studies in Mathematics 26 (Walter De Gruyter, Berlin, 2002)
- [172] K. Rudzinski, “Kein Treibhauseffekt durch Kohlensäure [No Greenhouse Effect through Carbonic Acid]”, *Frankfurter Allgemeine Zeitung* **206**, 29 (1976)
- [173] H. Oeschger, “Treibhauseffekt durch Kohlensäure - Ja oder Nein? [Greenhouse effect through carbonic acid - Yes or No?]”, *Neue Zürcher Zeitung*, **262**, 28 (1976)
- [174] A. Unsöld, *Physik der Sternatmosphären [Physics of the star atmospheres]* (Springer-Verlag, Berlin - Göttingen - Heidelberg, 1955)
- [175] K. Weise, *Differentialgleichungen* (Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1966)

- [176] H. Bouali, “Combined radiative and convective heat transfer in a divided channel”, *Int. J. Numerical Methods Heat & Fluid Flow* **16**, 84-106 (2006)
- [177] S. A. Safran, *Statistical Thermodynamics of Surfaces, Interfaces, and Membranes* (Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1994)
- [178] R. Clausius, *Die Mechanische Wärmetheorie [Mechanical Theory of Heat]* (Druck und Verlag Friedrich Vieweg, Germany, 3. Auflage, 1887)
- [179] R. Clausius, *Mechanical Theory of Heat* (John van Voorst, London, England 1887), <http://www.humanthermodynamics.com/Clausius.html>
- [180] Anonymous, “The Greenhouse Effect” (In German, 23.03.2007), <http://de.wikipedia.org/wiki/Treibhauseffekt>
- [181] J. Hansen *et al.*, “Efficient Three-Dimensional Global Models for Climate Studies: Models I and II”, *Monthly Weather Review* **111**, 609-662 (1983)
- [182] F. Dyson, “University of Michigan 2005: Winter Commencement Address”, <http://www.umich.edu/news/index.html?DysonWinCom05>
- [183] A. Scaife, C. Folland, J. Mitchell, “A model approach to climate change”, *Physics World* **2**, 20-25 (2007), <http://physicsweb.org/articles/world/20/2/3/1>
- [184] A. J. Chorin and J. E. Marsden, *A Mathematical Introduction to Fluid Mechanics* (Springer, New York, Third Edition, 1993)
- [185] A. Zichichi, “Meteorology and Climate: Problems and Expectations” in *Climate Change and Development. International Conference*, Pontifical Council for Justice and Peace, The Vatican, 26-27 April 2007, http://www.justpax.it/eng/home_eng.html
- [186] J. Mitchell, “Climate Change Myths”, <http://www.metoffice.gov.uk/corporate/pressoffice/myths/index.html>
- [187] Z. Zdunkowski and A. Bott, *Dynamics of the Atmosphere: A course in theoretical Meteorology* (Cambridge University Press, United Kingdom 2003)
- [188] P. A. Davidson, *An Introduction to Magnetohydrodynamics* (Cambridge University Press, United Kingdom 2003)
- [189] G. Gerlich, “Tensor Potentials in Magnetohydrodynamics and the Dynamo Problem”, Thesis, In German, TU Braunschweig (1970)
- [190] F. H. Shu, *The Physics of Astrophysics. Volume I: Radiation* (University Science Books, Mill Valley, California, 1991)

- [191] F. H. Shu, *The Physics of Astrophysics. Volume II: Gas Dynamics* (University Science Books, Mill Valley, California, 1992)
- [192] G. Gerlich, “Eine Verallgemeinerung des Stratonovich-Verfahrens für Anwendungen in der statistischen Mechanik [A generalization of the Stratonovich procedure to applications in statistical mechanics]”, *Physica* **82A**, 477-499 (1976)
- [193] G. Gerlich and H. Kagermann, “Herleitung kinetischer Gleichungen mit dem verallgemeinerten Stratonovich-Verfahren [Derivations of kinetic equations with the aid of the generalized Stratonovich procedure]”, *Physica* **88A**, 283-304 (1977)
- [194] A. Emmerich, G. Gerlich, H. Kagermann, “Particle motion in stochastic force fields”, *Physica* **92A**, 262-378 (1978)
- [195] G. Gerlich and W. Wulbrand, “Kinetische Gleichungen für Systeme mit unendlich vielen Freiheitsgraden [Kinetic equations for systems with infinitely many degrees of freedom]”, *Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft*, XXIX, 97-105 (1978)
- [196] E. Craig (Ed.), *Routledge Encyclopedia of Philosophy* (Routledge/Taylor & Francis, New York, 2007), <http://www.rep.routledge.com>
- [197] Anonymous, “Science”, Wikipedia, 2007, <http://en.wikipedia.org/wiki/Science>
- [198] Anonymous, “Demarcation Problem”, Wikipedia, 2007, http://en.wikipedia.org/wiki/Demarcation_problem
- [199] Karl Svozil, “Feyerabend and physics”. Presented at the *International Symposium Paul Feyerabend 1924-1994. A philosopher from Vienna, University of Vienna, June 18-19, 2004*, <http://arxiv.org/abs/physics/0406079>
- [200] H. von Storch, “Die Diskretisierung ist das Modell” [The discretization is the model], Discussion contribution in H. Hagedorn, K.-E. Rehfuess, H. Röck (Eds.), *Klimawandel im 20. und 21. Jahrhundert: Welche Rolle spielen Kohlendioxid Wasser und Treibhausgase wirklich?* Rundgespräche der Kommission für Ökologie 28 (Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, 2005)
- [201] E. N. Lorenz, “Deterministic Nonperiodic Flow”, *J. Atmospheric Sciences* **20**, 130-141 (1963)
- [202] N. R. Draper and H. Smith, *Applied Regression Analysis* (Wiley, Hoboken, New Jersey, 1998)

- [203] J. C. Sprott, *Chaos and Time-Series Analysis* (Oxford University Press, United Kingdom 2003)
- [204] D. Bray and H. von Storch, “Climate Scientists: Perceptions of Climate Change Science” GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Geesthacht, 2007, <http://coast.gkss.de/staff/storch/pdf/070511.bray.GKSS.pdf>
- [205] H. Thieme, “On the Phenomenon of Atmospheric Backradiation”, <http://www.geocities.com/atmosco2/backrad.htm>